

#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک

برای اولین بار  
جلد اول بیولوژی عمومی کمپیل  
« رایگان »  
تهیه و تنظیم : لیپاز بوک

@lipasebook

@lipasebookbot

مقدمه لیپاز بوک : در چند سال اخیر شاهد رقابت  
شدید در المپیاد بوده ایم . بسیاری از دانش آموزان  
مستعد به دلیل پاره ای از مشکلات از این رقابت  
ناخواسته عقب مانده اند . در پروژه  
#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک سعی در  
کمک در عدم رخداد این قضیه را داریم . ما را  
دنبال کنید و منتظر کتب بعدی نیز باشید .  
گروه لیپاز بوک



Biology  
Campbell

کتاب مرجع

# بیولوژی کمپبل



ویرایش نهم - 2011

1 *The Chemistry of Life*  
شیمی حیات

رئیس: اوری، گابین  
واسرمن، مینورسکای، جاکسون



غذایست



## پروفسور نیل کمپبل

(Neil A. Campbell)

پروفسور نیل آ. کمپبل، نویسنده کتاب معروف "Biology" و محقق برجسته دانشگاه کالیفرنیا، در ۲۱ اکتبر ۲۰۰۴ در بیمارستان "Redland" پس از تحمل رنج حاصل از نارسایی قلبی، درگذشت. وی در هنگام مرگ ۵۸ سال داشت. پروفسور کمپبل دکترایش را در شاخه علوم گیاهی و در سال ۱۹۷۵ از دانشگاه کالیفرنیا دریافت کرد. وی سپس در کالج Pomona، دانشگاه Cornell و نیز کالج San Bernardino مشغول به تدریس شد تا اینکه در سال ۱۹۸۹ به گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا پیوست. وی در تمامی این دانشگاه‌ها و دانشکده‌ها به عنوان متخصص در آموزش زیست‌شناسی مشغول به فعالیت بود.

دکتر جودی هالت، پروفسور و رئیس دپارتمان علوم گیاهی دانشگاه کالیفرنیا می‌گوید: «دکتر کمپبل با بسیاری از دانشمندان و بزرگان زمان ما دوست بود. وی حامی سخاوتمندی برای کارکنان، دانشجویان و دپارتمان علوم گیاهی بود».



مهارت تألیف و ایثار و از خودگذشتگی دکتر کمپبل در آموزش زیست‌شناسی، بر معروفیت گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا افزود.

دکتر کمپبل یقیناً به خاطر نوشتن کتاب‌های معروف Biology در سطح بین‌المللی مشهور است. به گفته پیرسون و بنجامین کامینگز، ناشران کتاب‌های کمپبل، از زمان معرفی کتاب Biology در سال ۱۹۸۷، در حدود ۷۰٪ زیست‌شناسان، پزشکان، بیوتکنولوژیست‌ها و در حدود ۱۰۰٪ از معلمان زیست‌شناسی زیر ۴۰ سال، کتاب Biology را به عنوان کتاب درسی خود انتخاب کرده‌اند. در بخش دانش‌آموزی نیز تخمین زده می‌شود که هر ساله بیش از نیم میلیون دانش‌آموز در سراسر جهان از کتاب Biology کمپبل استفاده کنند.

دکتر آنتونی هانگ، پروفسور زیست‌شناسی مولکولی و سلول گیاهی در دپارتمان زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا، در مورد تأثیر پروفسور کمپبل بر حوزه زیست‌شناسی و آموزش علوم زیستی می‌گوید:

«کتاب‌هایش چنان معروفند که ماه گذشته، زمانی که برای شرکت در سمیناری در تایوان بودم، سه ویرایش چینی مختلف از کتاب‌هایش را دیدم. هر جا که می‌روم، وقتی می‌گویم از دانشگاه کالیفرنیا هستم، مردم از من می‌پرسند، آیا دکتر کمپبل را می‌شناسم؟»

کتاب‌های بیولوژی کمپبل تا کنون به بیش از ۹ زبان زنده دنیا ترجمه شده است. پس از مرگ دکتر کمپبل، از طرف خانواده‌اش درخواست می‌شود تا به جای اهدای تاج گل، هزینه‌اش را برای کمک به بودجه تحقیقاتی دانشجویانش، به حساب دانشگاه کالیفرنیا واریز کنند. در سال ۲۰۱۱ گروه مؤلفین کتاب Biology، به پاس سال‌ها خدمات ارزشمند نیل کمپبل در زمینه آموزش زیست‌شناسی، از ویرایش نهم، عنوان کتاب را به CAMPBELL BIOLOGY تغییر داده است.

روحش شاد و راهش پر رهرو باد



# درباره نویسندگان



تیم نویسندگان نهمین ویرایش بیولوژی کمپبل، نشان‌دهنده گروهی از متخصصین بنام در شاخه‌های مختلف زیست‌شناسی است. یقیناً یکی از دلایل موفقیت این کتاب در جهان، همین گروه منحصر به فرد می‌باشد.

**Jane B. Reece**



جین ریس، سرگروه تیم نویسندگان نهمین ویرایش، همکار نیل کمپبل بود. وی در تمام ویرایش‌های کتاب بیولوژی کمپبل شرکت داشته است. پیش‌تر، جین ریس در کالج Middlesex County و کالج Queensborough Community زیست‌شناسی عمومی را تدریس می‌کرد. وی دارای مدرک لیسانس بیولوژی از دانشگاه هاروارد، فوق‌لیسانس میکروبیولوژی از دانشگاه Rutgers، و دکترای باکتریولوژی از دانشگاه کالیفرنیا است. ریس هنگامی که دانشجوی دکتری و فوق دکتری بود، بر روی نوترکیبی ژنتیکی در باکتری‌ها تحقیق می‌کرد. وی علاوه بر این کتاب، نویسنده کتاب‌های *Essential Biology*، *Biology: Concepts & Connections* و *The World of the Cell* می‌باشد.

**Michael L. Cain**



مایکل کاین (بخش‌های ۴ و ۵) یک زیست‌شناس تکاملی و اکولوژیست است که اکنون به‌طور تمام وقت مشغول تألیف می‌باشد. مایکل دارای لیسانس زیست‌شناسی و ریاضی از کالج Bowdoin، مدرک فوق‌لیسانس زیست‌شناسی از دانشگاه Brown، و

دارای درجه دکترای اکولوژی و زیست‌شناسی تکاملی از دانشگاه Cornell می‌باشد. وی در دانشگاه نیومکزیکو و مؤسسه تکنولوژی Rose-Hulman، گستره وسیعی از دوره‌های تدریس، از جمله زیست‌شناسی عمومی، اکولوژی، تکامل، و زیست‌شناسی حفظ ذخایر زیستی را تدریس می‌کرده است. مایکل کاین نویسنده نه‌ها مقاله علمی درباره موضوعاتی چون رفتار گیاه‌خواری در حشرات، پراکنش دوربرد دانه‌ها، و گونه‌زایی در جیرجیرک‌ها است. وی علاوه بر کارش در بیولوژی کمپبل، ناظر تألیف یک کتاب مرجع در زمینه اکولوژی است.

**Lisa A. Urry**



لیزا یوری (فصل ۱ و بخش‌های ۱-۳)، یک زیست‌شناس تکوینی و رئیس کنونی دپارتمان بیولوژی در کالج Mills است. لیزا پس از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه Tufts در بیولوژی، دکترای خود را در زیست‌شناسی تکوینی و مولکولی در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) تکمیل کرد. وی تعدادی مقالات تحقیقی منتشر کرده است، که بیش‌تر آنها بر روی بیان ژن طی تکوین جنینی و لاروی در خارپوستان دریایی متمرکز هستند. لیزا همچنین عمیقاً متعهد به اعطای فرصت برای زنان در تحقیق و آموزش علوم است.





**Steven A. Wasserman**

استیون واسرمن (بخش ۷)، پروفیسور دانشگاه کالیفرنیا سان دیه‌گو (UCSD) است. وی لیسانس زیست‌شناسی خود را از دانشگاه هاروارد و دکترای خود را در علوم زیستی از MIT گرفت. استیو از طریق تحقیق بر روی مکانیسم‌های تنظیمی در مگس دروزوفیلا، وارد

زمینه‌های زیست‌شناسی تکوینی، تولیدمثل و ایمنی شد. وی در حال حاضر در دانشگاه پزشکی تگزاس و UCSD، ژنتیک، تکوین و فیزیولوژی را برای دانشجویان پزشکی تدریس می‌کند. او همچنین مشاور و راهنمای پایان‌نامه بیش از ده‌ها دانشجوی دکترا بوده است.

**Robert B. Jackson**

رابرت جکسون (بخش ۸)، پروفیسور بیولوژی و رئیس علوم محیطی در دانشگاه Duke است. رابرت دارای مدرک مهندسی شیمی از دانشگاه Rice، فوق‌لیسانس در اکولوژی و آمار و دکترای اکولوژی از دانشگاه Utah State است. رابرت برای سالیان زیادی برنامه دانشگاه

Duke را در زمینه اکولوژی رهبری کرد. وی جوایز متعددی را دریافت کرده است که از جمله آن جایزه Presidential Early Career Award در زمینه علوم و مهندسی از مؤسسه ملی علوم می‌باشد. رابرت جکسون از نوشتن به سبک پاپ لذت می‌برد. او علاوه بر این، یک کتاب تجاری درباره محیط (The Earth Remains Forever) و دو کتاب شعر برای بچه‌ها (Animal Mischief و Weekend mischief) منتشر کرده است.



**Peter V. Minorsky**

پیتر مینورسکای (بخش ۶)، پروفیسور کالج Mercy در نیویورک است؛ وی در آنجا تکامل، اکولوژی، گیاه‌شناسی، و زیست‌شناسی عمومی را تدریس می‌کند. پیتر لیسانس زیست‌شناسی خود را از کالج Vassar و دکترای خود را در گرایش فیزیولوژی گیاهی از دانشگاه Cornell

دریافت کرد. او همچنین نویسنده علمی مجله Plant Physiology است. پیتر پس از فلوشیپ فوق دکترا در دانشگاه ویسکانسین، در کالج Kenyon، کالج Union، دانشگاه Western Connecticut State، و کالج Vassar مشغول به تدریس شد. وی در حقیقت یک الکتروفیزیولوژیست است که پاسخ گیاهان به استرس را مطالعه می‌کند. پیتر در سال ۲۰۰۸ به خاطر شیوه منحصر به فردش در آموزش، جایزه ویژه بهترین روش تدریس را از آن خود کرده است.



## پیشگفتار

راستی که امروز چه راحت راجع به کتاب‌های **بیولوژی** صحبت می‌کنیم؛ **کمپبل**، **سولومون**، **لایف**، **میدرا**! کتاب‌هایی که در زمان‌های نه‌چندان دور برای دبیران و دانش‌آموزان ما اصلاً شناخته شده نبودند. اکنون در سال ۲۰۱۲ کتاب کمپبل ۲۰۱۱ را ترجمه و با کیفیتی کاملاً متفاوت تقدیم شما دوستان می‌کنیم. باور کنید این فراتر از یک موفقیت بزرگ است؛ شاید بشود گفت یک *اتفاق منحصربه‌فرد و ممتاز* در زیست‌شناسی کشور! ارزش و تأثیر این حرکت خانه زیست‌شناسی بسیار فراتر از چارچوب المپیاد، کنکور و دبیرستان است. در بسیاری از دانشگاه‌های کشور زیست‌شناسی عمومی را از روی کمپبل تدریس می‌کنند. حتی در سال گذشته در آزمون‌های فوق‌لیسانس و دکتری وزارت علوم نیز سؤال‌های درس زیست‌شناسی عمومی بر اساس کتاب بیولوژی کمپبل طراحی و برگزار شده است. راستی چرا این کتاب تا این حد در میان زیست‌شناسان محبوب شده است؟

آنچه که باعث این همه اتفاقات میمون و ارزشمند شده است جایگاه جهانی این کتاب، محتوای علمی آن و زاویه نگاه متفاوت آن است! چگونه می‌شود که یک کتاب تا این حد در دنیا خواهان پیدا می‌کند؟

به طوری که امروز تخمین زده می‌شود بیش از نیم‌میلیون دانش‌آموز در سراسر جهان از کتاب کمپبل استفاده می‌کنند و اینچنین است که امروز در جامعه زیست‌شناسی کشور، بیولوژی کمپبل تبدیل به یک فرهنگ شده است! **فرهنگی دوست‌داشتنی، علمی و تأثیرگذار.**

نکته برجسته و مورد علاقه خانه زیست‌شناسی در این کتاب، نمونه پژوهش‌های مطرح در هر فصل است. پژوهش‌هایی که به طور عمده در سال‌های ۲۰۰۰ به بعد در مجلات فوق‌العاده معتبری چون *Nature* و *Science* به چاپ رسیده است. متأسفانه شاید امروز برای اساتید، دانشجویان و مراکز تحقیقاتی ما چاپ یک مقاله پژوهشی در مجله *Nature* یک **آرزوی دست‌نیافتنی** باشد. سعی کردیم این پژوهش‌ها و منابع آن کاملاً ویژه باشد تا از دوره دبیرستان دانش‌آموزان ما با این گونه مجلات آشنایی کامل داشته باشند؛ کاری که در دیگر نقاط دنیا انجام می‌دهند. در معرفی این پژوهش‌ها و مجلات به شدت نیازمند همراهی دبیران محترم هستیم.

و اما کتاب مرجع بیولوژی کمپبل مهم‌ترین نوشته *Neil A. Campbell* است که پس از درگذشت وی توسط *Reece* و همکاران، ویرایش و چاپ شده است. این کتاب بی‌نظیر در هشت موضوع متفاوت به بررسی دنیای زنده می‌پردازد. شیمی حیات، سلول، ژنتیک، مکانیسم تکامل، تاریخچه تکامل و تنوع زیستی، ساختار و عمل گیاهان، ساختار و عمل جانوران و اکولوژی موضوعاتی هستند که هر یک در چندین فصل و با زیبایی‌های کاملاً منحصربه‌فرد مورد بررسی دقیق قرار گرفته‌اند.

خانه زیست‌شناسی بر اساس استراتژی نیاز دانش‌پژوهان و قدرت خرید متفاوت آنها، این کتاب ارزشمند و مرجع را در هشت **جلد جداگانه و با عناوین ذکرشده** تقدیم علاقمندان خواهد کرد.



## فصل ۱ مقدمه: موضوعات مطرح در بررسی حیات



- ۱-۱ موضوعاتی از این کتاب که مفاهیم زیستی متفاوت را به هم مرتبط می‌کنند ۳
- موضوع ۱: ویژگی‌های نوپدید ۳
- قدرت و محدودیت‌های کاهش‌گرایی ۳
- زیست‌شناسی سیستم‌ها ۶
- موضوع ۲: جانداران با محیط فیزیکی و جانداران دیگر میانکنش می‌کنند ۶
- موضوع ۳: حیات به انتقال و تبدیل انرژی نیاز دارد ۷
- موضوع ۴: ساختار و عملکرد در تمامی سطوح نظام زیستی با یکدیگر همبستگی دارند ۸
- موضوع ۵: سلول‌ها واحد پایه‌ای ساختار و عملکرد در جانداران هستند ۸
- موضوع ۶: ادامه حیات وابسته به انتقال اطلاعات وراثتی به صورت DNA است ۹
- ساختار و عملکرد DNA ۹
- ژنومیکس: آنالیز در مقیاس بزرگ توالی‌های DNA ۱۱
- موضوع ۷: مکانیسم‌های بازخوردی (Feedback)، سیستم‌های زیستی را تنظیم می‌کنند ۱۱
- تکامل و سیطره آن بر مفاهیم زیست‌شناسی ۱۲
- ۱-۲ مطلب اساسی: تکامل، علت وجود وحدت و تنوع در حیات است ۱۳
- طبقه‌بندی گوناگونی حیات ۱۳
- گروه‌بندی گونه‌ها: ایده پایه‌ای ۱۴
- سه قلمرو اصلی حیات ۱۴
- وحدت در گوناگونی حیات ۱۵
- چارلز داروین و نظریه انتخاب طبیعی ۱۶
- درخت حیات ۱۸
- ۱-۳ در مطالعه طبیعت، دانشمندان به مشاهده می‌پردازند و سپس فرضیه‌هایی را ارائه کرده و آزمایش می‌کنند ۱۹
- انجام مشاهدات ۲۰
- انواع داده‌ها ۲۰
- استدلال استقرایی ۲۰
- شکل‌گیری و آزمایش فرضیه‌ها ۲۰

- نقش فرضیه‌ها در پرسشگری علمی ۲۱
- استدلال قیاسی و آزمایش فرضیه ۲۱
- سوالاتی که می‌توان از طریق علم به آنها پاسخ داد و سوالاتی که نمی‌توان به روش علمی پاسخ داد ۲۲
- انعطاف‌پذیری روش علمی ۲۲
- مثالی از پرسش‌گری علمی: بررسی تقلید در جمعیت مارها ۲۳
- آزمایش‌های میدانی با مارهای مصنوعی ۲۳
- کنترل‌های آزمایشگاهی و تکرارپذیری ۲۴
- نظریه‌ها در علم ۲۵
- ۱-۴ علم از رویکردی تعاونی و نقطه نظرانی گوناگون بهره می‌برد ۲۶
- بنا کردن بر روی تحقیق دیگران ۲۶
- علم، فناوری و جامعه ۲۷
- ارزش نقطه نظرات مختلف در علم ۲۷



## فصل ۲ اساس شیمیایی حیات

- ۲-۱ ماده در حالت خالص از عنصر شیمیایی تشکیل شده است و در حالت ترکیب، ماده مرکب نامیده می‌شود ۳۴
- عناصر و ترکیبات ۳۵
- عناصر حیات ۳۵
- مطالعه موردی: تکامل تحمل به عناصر سمی ۳۵
- ۲-۲ ویژگی‌های یک عنصر به ساختار اتم‌های آن بستگی دارد ۳۶
- ذرات سازنده اتم‌ها ۳۶
- عدد اتمی و جرم اتمی ۳۷
- ایزوتوپ‌ها ۳۷
- سطوح انرژی الکترون‌ها ۳۸
- توزیع الکترون‌ها و ویژگی‌های شیمیایی ۴۰
- آریتال‌های الکترونی ۴۱
- ۲-۳ شکل و عملکرد مولکول‌ها به پیوندهای شیمیایی بین اتم‌های آن بستگی دارد ۴۲
- پیوندهای کووالانسی ۴۲



- ۳-۴ گروه‌های شیمیایی معدودی در عملکرد مولکول‌های زیستی نقش کلیدی دارند ۷۱
- گروه‌های شیمیایی که مهمترین نقش را در فرایندهای حیات دارند
- ATP: منبع مهم انرژی برای فرایندهای سلولی ۷۴
- عناصر شیمیایی حیات: مرور ۷۴



## فصل ۵ ساختار و عملکرد درشت مولکول‌ها

- ۵-۱ درشت مولکول‌ها پلی‌مرهایی هستند که از واحدهای مونومری ساخته شده‌اند ۷۷
- ساختن و شکستن پلی‌مرها ۷۷
- گوناگونی پلی‌مرها ۷۸
- ۵-۲ کربوهیدرات‌ها به عنوان مواد ساختمانی و سوختی به کار می‌روند ۷۹
- قندها ۷۹
- پلی‌ساکاریدها ۸۱
- پلی‌ساکاریدهای ذخیره‌ای ۸۱
- پلی‌ساکاریدهای ساختمانی ۸۳
- ۵-۳ لیپیدها، گروه گوناگونی از مولکول‌های آب‌گریز هستند ۸۴
- چربی‌ها ۸۴
- فسفولیپیدها ۸۷
- استروئیدها ۸۷
- ۵-۴ پروتئین‌ها دارای ساختارهای متعددی هستند که منجر به عملکردهای متنوع آنها می‌شود ۸۸
- پلی‌پپتیدها ۹۰
- مونومرهای آمینواسیدی ۹۰
- پلی‌مرهای آمینواسیدی ۹۰
- ساختار فضایی و عملکرد پروتئین‌ها ۹۱
- چهار سطح ساختار پروتئین ۹۴
- بیماری کم‌خونی داسی‌شکل: یک تغییر در ساختار اول ۹۵
- چه عواملی ساختار فضایی پروتئین را تعیین می‌کنند؟ ۹۵
- تاخوردن پروتئین در سلول ۹۶
- ۵-۵ اسیدهای نوکلئیک اطلاعات وراثتی را ذخیره کرده و انتقال می‌دهند ۹۷
- نقش اسیدهای نوکلئیک ۹۷
- اجزای اسیدهای نوکلئیک ۹۸
- پلی‌مرهای نوکلئوتیدی ۹۹
- ساختار مولکول‌های DNA و RNA ۹۹
- DNA و پروتئین‌ها به عنوان معیارهای تکامل ۱۰۰
- مفهوم ویژگی‌های نوپدید در شیمی حیات: مرور ۱۰۱

- پیوندهای یونی ۴۴
- پیوندهای شیمیایی ضعیف ۴۵
- پیوندهای هیدروژنی ۴۵
- میانگش‌های واندروالسی ۴۶
- شکل و عملکرد مولکولی ۴۶
- ۲-۴ واکنش‌های شیمیایی مسئول تشکیل یا شکستن پیوندهای شیمیایی هستند ۴۷



## فصل ۳ آب منشأ حیات

- ۳-۱ پیوندهای کووالان قطبی در مولکول‌های آب موجب تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شوند ۵۲
- ۳-۲ چهار ویژگی بارز آب، زمین را برای استقرار حیات مناسب ساخته است ۵۲
- چسبندگی مولکول‌های آب ۵۲
- تعدیل درجه حرارت توسط آب ۵۲
- گرما و دما ۵۳
- گرمای ویژه بالای آب ۵۴
- خنک‌شدن به کمک تبخیر ۵۵
- شناور شدن یخ بر روی آب مایع ۵۵
- آب: حلال حیات ۵۶
- مولکول‌های آب‌گریز و آب‌دوست ۵۷
- غلظت ماده حل‌شدنی در محلول‌های آبی ۵۷
- تکامل احتمالی حیات بر روی سایر سیارات با کمک آب ۵۸
- ۳-۳ شرایط اسیدی و بازی، جانداران را تحت تأثیر قرار می‌دهد ۵۹
- اسیدها و قلیاها (بازها) ۵۹
- مقیاس pH ۶۰
- بافرها ۶۱
- اسیدی شدن: تهدیدی برای کیفیت آب ۶۱



## فصل ۴ کربن و گوناگونی مولکولی در حیات

- ۴-۱ شیمی آلی در اصل مطالعه ترکیبات کربن‌دار است ۶۵
- مولکول‌های آلی و منشأ حیات بر روی کره زمین ۶۶
- ۴-۲ اتم‌های کربن می‌توانند توسط پیوند با چهار اتم دیگر، مولکول‌های گوناگونی را بسازند ۶۷
- تشکیل پیوند با کربن ۶۷
- گوناگونی مولکولی، ناشی از اسکلت‌های کربنی مختلف است ۶۸
- هیدروکربن‌ها ۶۹
- ایزومرها ۶۹



## مقدمه:

موضوعات مطرح  
در بررسی حیات

▲ شکل ۱-۱ گیاه صدفی چگونه با محیط خود سازگار می‌شود؟

## مفاهیم کلیدی

۱-۱ موضوعاتی از این کتاب که مفاهیم زیستی متفاوت را به هم مرتبط می‌کنند

۱-۲ مطلب اساسی: تکامل، علت وجود وحدت و تنوع در حیات است

۱-۳ در مطالعه طبیعت، دانشمندان به مشاهده می‌پردازند و سپس فرضیه‌هایی را ارائه کرده و آزمایش می‌کنند

۱-۴ علم از رویکردی تعاونی و نقطه نظراتی گوناگون بهره می‌برد

## نگاه کلی

## پژوهش درباره حیات

گیاه صدفی (شکل ۱-۱)، بومی کوهستان‌های شمال شرق مکزیک است. برگ‌های گوشتالو، آبدار و سایر ویژگی‌های آن به این گیاه اجازه ذخیره و نگهداری آب را می‌دهد. دسترسی این گیاه به آب حتی در زمان بارندگی نیز محدود است. زیرا گیاه صدفی در شکاف دیواره‌های عمودی صخره‌ها رشد می‌کند، جایی که خاک اندکی برای نگهداشتن آب باران وجود دارد (شکل ۱-۲). این ویژگی‌های گیاه در حفظ آب به آن کمک می‌کند تا در این گوشه‌ها و شکاف‌ها رشد کرده و زنده بماند. خصوصیات این گیاه، در بسیاری از گیاهان ساکن محیط‌های خشک نیز یافت می‌شود. خصوصیتی که به آنها اجازه می‌دهد در جایی که بارندگی غیر قابل پیش‌بینی است به حیات خود ادامه دهند.

این سازگاری‌ها حاصل تکامل است. فرایندی که طی آن حیات بر روی زمین از حالت اولیه خود به شکل جانداران گوناگونی که امروزه زندگی می‌کنند، تغییر کرده است. در قسمت‌های بعدی این

فصل خواهید آموخت که تکامل اصل اساسی زیست‌شناسی و محور اصلی این کتاب است.

با اینکه زیست‌شناسان مطالب زیادی در مورد حیات بر روی زمین می‌دانند اما هنوز اسرار زیادی باقی مانده است. برای مثال، منشأ گیاهان گل‌دار دقیقاً چیست؟ طراحی سؤال در مورد مسائل حیات و جستجوی پاسخ‌هایی علمی برای آنها - تحقیق علمی - جزء فعالیت‌های اصلی زیست‌شناسی (مطالعه علمی حیات) هستند. ممکن است سؤالات زیست‌شناسان بلندپروازانه به نظر برسند مثلاً: پیوستند که چگونه یک سلول کوچک تبدیل به یک درخت پیا سگ می‌شود؟ ذهن انسان چگونه عمل می‌کند؟ یا ارتباط موجودات زنده مختلف در جنگل با هم چگونه است؟



▲ شکل ۱-۲ گیاه صدفی (*Graptopetalum paraguayense*) برگ‌های ضخیم این گیاه آب را در خود نگاه داشته و گیاه را قادر می‌سازد تا در جایی که خاک بسیار اندکی وجود دارد، زندگی کند. همان‌طور که دیده می‌شود، رنگ این برگ‌ها متفاوت است.



۴ نظم: این نمایی نزدیک از گل آفتابگردان ساخته  
بسیار منظمی را نشان می‌دهد که مشخصه حیات است



۵ پاسخ به محیط: این گیاه  
دیونه برگ‌های خود را در پاسخ  
به تحریک محیطی یک  
سجاقک می‌بندد.

۶ سازگاری تکاملی: این اسب دریایی  
کوچک در محیطش استار می‌کند.  
چنین سازگارهایی طی سل‌های بسیاری  
از طریق موفقیت تولید مثلی افرادی که  
دارای صفاتی وراثتی هستند که آنها را  
نسبت به محیط‌شان سازگار می‌کند،  
تکامل می‌یابند.



۷ تنظیم: تنظیم جریان  
خون از رگ‌های خونی  
گوش‌های این خرگوش  
به حفظ دمای ثابت بدن  
از طریق تنظیم مبادله  
گرمای با هوای محیط  
کمک می‌کند.



۸ پسر دناش انرژی: این مرغ  
شهدخوار سوخت مورد نیاز خود  
را به شکل شهد از گل‌ها  
به دست می‌آورد. مرغ شهدخوار  
از انرژی ذخیره شده در غذایش  
استفاده می‌کند تا پرواز کرده و  
کارهای دیگرش را انجام دهد.

۹ تولید مثل: موجودات  
رسده افرادی شبیه  
به خود تولید می‌کنند.  
اینجا، یک بچه زرافه  
در نزدیکی مادر خود  
ایستاده است.



۱۰ رشد و نمو: اطلاعات وراثتی حمل  
شده توسط ژن‌ها، الگوی رشد و نمو  
جانداران را کنترل می‌کنند، شبیه این  
کروکودیل نیل.



زندگی می‌پرسد

### ▲ شکل ۱-۳ برخی ویژگی‌های حیات.

بی‌جان هستند. اما پدیده‌ای که ما آن را حیات می‌نامیم، یک تعریف  
ساده و یک جمله‌ای را نمی‌پذیرد. ما حیات را توسط آن چه که  
جانداران زنده انجام می‌دهند، می‌شناسیم. **شکل ۱-۳** برخی از  
ویژگی‌های حیات را نشان می‌دهد.

با وجود تعداد اندک عکس‌های شکل ۱-۳، این مسأله به ذهن  
خطور می‌کند که زندگی چقدر متنوع است؟ زیست‌شناسان چگونه

آیا شما می‌توانید سؤالاتی در مورد جانداران زنده مطرح کنید؟ اگر  
این کار را انجام دهید، در حقیقت شروع به فکر کردن مانند یک  
زیست‌شناس کرده‌اید. زیست‌شناسی بیش از هر چیز دیگری، نوعی  
جستجو است؛ پژوهشی پایان نیافتنی در مورد طبیعت حیات.  
اما حیات چیست؟ حتی کودکی خردسال نیز می‌تواند تشخیص  
دهد که یک سگ با گیاه زنده است در حالی که سنگ و چوب خشک



## ویژگی‌های نوپدید

اگر از سطح مولکولی شکل ۴-۱ به بالا برگردیم می‌توانیم ویژگی‌های نوپدیدی را در هر سطح مشاهده کنیم که در سطح دیگر وجود ندارد. این ویژگی‌های نوپدید، مربوط به آرایش و میانکنش‌های بین قسمت‌های مختلف است. برای مثال اگر در یک لوله آزمایش کلوئید و سایر مولکول‌های موجود در کلروپلاست را بریزید، فتوسنتز اتفاق نمی‌افتد. فتوسنتز، تنها زمانی اتفاق می‌افتد که این مولکول‌ها به شکل خاصی در کلروپلاست آرایش یابند. به عنوان مثال اگر آسیدی شدید به سر انسان بخورد به طوری که شکل مغز را تغییر دهد، با آنکه تمامی قسمت‌های مغز هنوز وجود دارند، ولی شاید ذهن از کار بیفتد. ذهن و فکر ما ویژگی‌های نوپدید شبکه پیچیده‌ای از نورون‌ها هستند. در سطح بسیار بالاتری از سازمان‌بندی زیستی - در سطح اکوسیستم - بازیافت مواد شیمیایی که برای حیات ضروری است، (مثل کربن)، بستگی به شبکه ارتباطات گوناگون جانداران با یکدیگر و با خاک، آب و هوا دارد.

ویژگی‌های نوپدید صرفاً مربوط به حیات نیست. ما می‌توانیم اهمیت قرارگیری اجزا در کنار یکدیگر را در تفاوت بین یک جعبه حاوی قطعات دوچرخه و یک دوچرخه کامل ببینیم. همچنین با آنکه گرافیت و الماس هر دو کربن خالص هستند ولی به لحاظ قرارگیری متفاوت اتم‌های کربن، دارای ویژگی‌های بسیار متفاوتی هستند. در مقایسه با این مثال‌های غیرزنده، پیچیدگی بی‌نظیر سیستم‌های زیستی باعث می‌شود - ویژگی‌های این سیستم بحث‌برانگیزی برای مطالعه باشد.

قدرت و محدودیت‌های کاهش‌گرایی<sup>۱</sup>

از آنجایی که ویژگی‌های حیات برخاسته از سازمان‌بندی‌های پیچیده است فهم سیستم‌های زیستی برای دانشمندان مسأله‌ای غامض به شمار می‌رود. از طرف دیگر نمی‌توان ویژگی‌های یک سطح بالاتر از نظم را با تکه‌تکه کردن آن به بخش‌های سازنده‌اش فهمید. یک جانور تکه‌تکه شده هیچگونه فعالیتی ندارد! سلولی که به مولکول‌های ساخته‌شده‌اش تبدیل شود دیگر سلول نیست! تجزیه یک سیستم زنده موجب اختلال در عملکرد آن می‌شود. از طرف دیگر چیزی به پیچیدگی یک جاندار یا سلول، با تکه‌تکه کردن آن قابل فهم یا آنالیز نیست.

کاهش‌گرایی (تبدیل سیستم‌های پیچیده به قسمت‌های کوچکتر که برای بررسی قابل فهم‌تر باشند) یک استراتژی قوی در زیست‌شناسی است. برای مثال، جیمز واتسون و فرانسیس کریک در

از این همه گوناگونی و پیچیدگی سر درمی‌آورند؟ این فصل ساختاری را برای پاسخ دادن به این سؤال دانشمندان مهیا می‌سازد. در ابتدای فصل بررسی وسیع نسبت به زیست‌شناسی خواهیم داشت که الگوهای واحدی را برای ما ایجاد می‌کند. سپس نگاهی از بالا به این الگوهای زیستی خواهیم انداخت؛ پس از آن نگاهی کوتاه به تکامل خواهیم داشت و دلایلی را بررسی می‌کنیم که موجب شد تا چارلز داروین به نظریه تکامل خود برسد. در نهایت نگاهی بر تحقیقات زیست‌شناسان می‌اندازیم که ببینیم چگونه سؤالی را طرح می‌کنند و به دنبال پاسخ برای آن می‌گردند.

## ۱-۱ موضوعاتی از این کتاب که مفاهیم زیستی متفاوت را

## به هم مرتبط می‌کنند

زیست‌شناسی یک مبحث بسیار گسترده است و هر کسی که اخبار را دنبال کند متوجه می‌شود که این علم به سرعت در حال گسترش است. صرفاً حفظ کردن جزئیات بسیار زیاد این علم، کار معقولی نیست. پس چگونه شما به عنوان یک دانش‌پژوه می‌توانید دیدگاه منسجمی از حیات داشته باشید؟ یک رویکرد بهتر این است که مطالب گسترده‌ای را که مطالعه می‌کنید به موضوعات کلی‌تر تقسیم کنید که مشتمل بر کلیات زیست‌شناسی باشد - راه‌های فکر کردن در رابطه با حیات که تا دهه‌های آتی به کار می‌روند. تمرکز بر روی چند مسأله بزرگ به شما کمک می‌کند تا بتوانید مطالبی را که در حین آموختن زیست‌شناسی کسب می‌کنید مرتب کرده و آنها را بهتر بفهمید. برای کمک به شما، هفت موضوع مختلف را انتخاب کرده‌ایم؛ موضوعاتی که ضمن مطالعه قدم به قدم این کتاب، با آنها مواجه خواهید شد.

## موضوع ۱: ویژگی‌های جدید در هر سطحی از سلسله مراتب زیستی، پدیدار می‌شوند

بررسی حیات طیف وسیعی دارد؛ از یک مقیاس میکروسکوپی مولکول‌ها و سلول‌هایی که جانداران را ساخته‌اند تا یک مقیاس کلی که همه جانداران کره زمین را شامل می‌شود. می‌توان این طیف وسیع را به سطوح گوناگونی در سازمان‌دهی زیستی تقسیم کرد. فرض کنید که از فضا به زمین نگاه می‌اندازید و مرحله به مرحله نگاه خود را نزدیک‌تر می‌کنید. اکنون بهار است و مقصد ما جنگل انتاریو (Ontario) در کانادا می‌باشد، جایی که به تدریج تا سطح مولکولی یک برگ از یک درخت افرا پیش خواهیم رفت. شکل ۴-۱ این سفر را به ما نشان می‌دهد. اعدادی که کنار شکل‌ها نوشته شده‌اند شما را به سطوح مختلف راهنمایی می‌کنند. جانداران توسط عکس نشان داده شده‌اند.





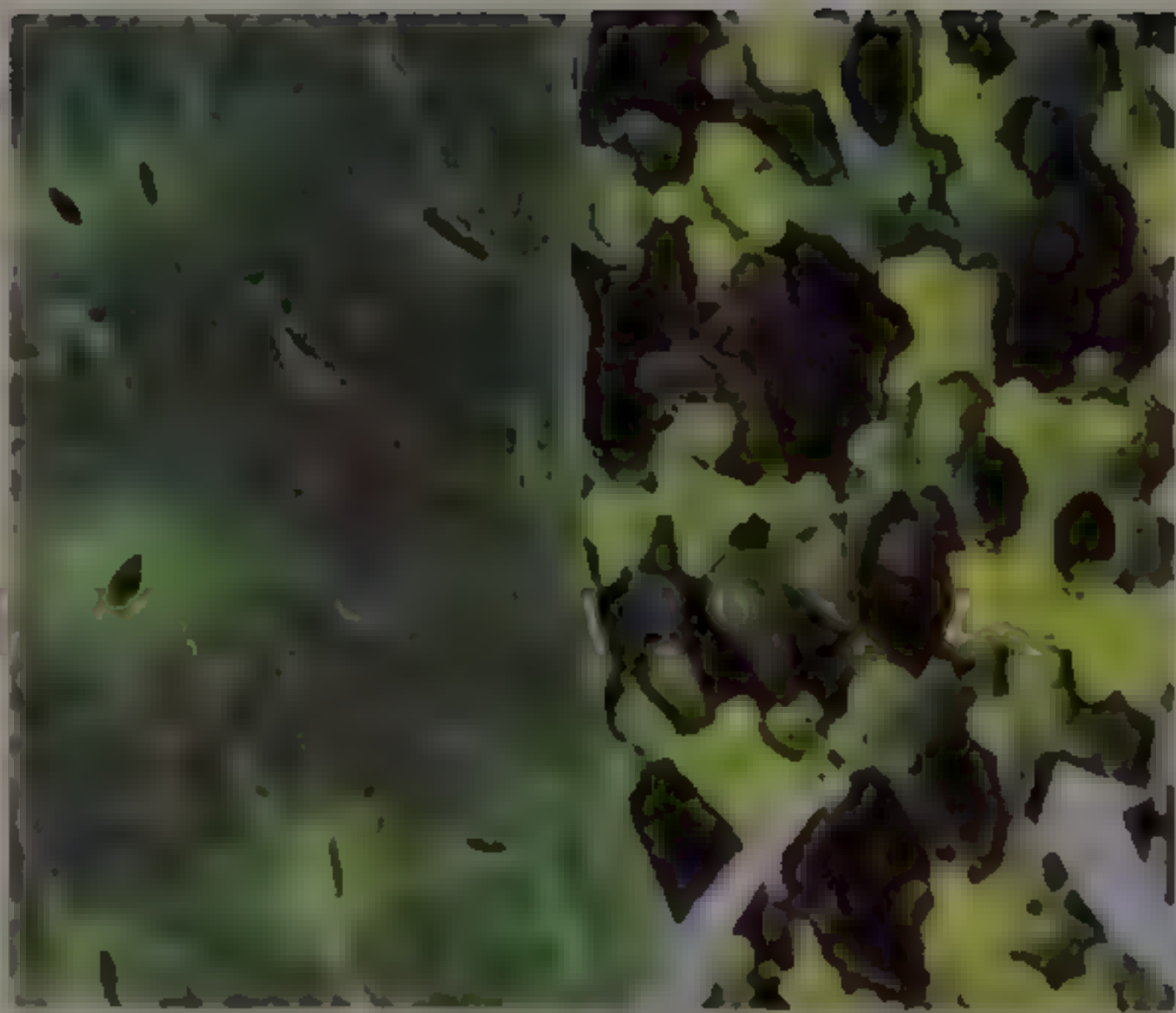


۶ اندام‌ها و دستگاه‌ها هر چه ما معماری جانداران پیچیده‌تری را بررسی می‌کنیم ساختار سلسله مراتبی حیات بیشتر آشکار می‌گردد. برگ درخت افرا، مثالی از یک اندام می‌باشد. اندام یک کار خاص را در بدن انجام می‌دهد. ساقه و ریشه از دیگر اندام‌های اصلی درخت هستند. مغز، قلب و کلیه مثال‌هایی از اندام‌ها در بدن انسان هستند. اندام‌های انسان و سایر جانوران پیچیده و گیاهان به صورت دستگاه، سازمان یافته‌اند. دستگاه شامل دسته‌ای از اندام‌ها است که با هم در انجام عملی خاص همکاری می‌کنند. برای مثال، دستگاه گوارش انسان از اندام‌هایی مثل ریه، معده و روده تشکیل شده است.

اندام‌ها ساختار بافت‌های متعددی هستند



50  $\mu\text{m}$



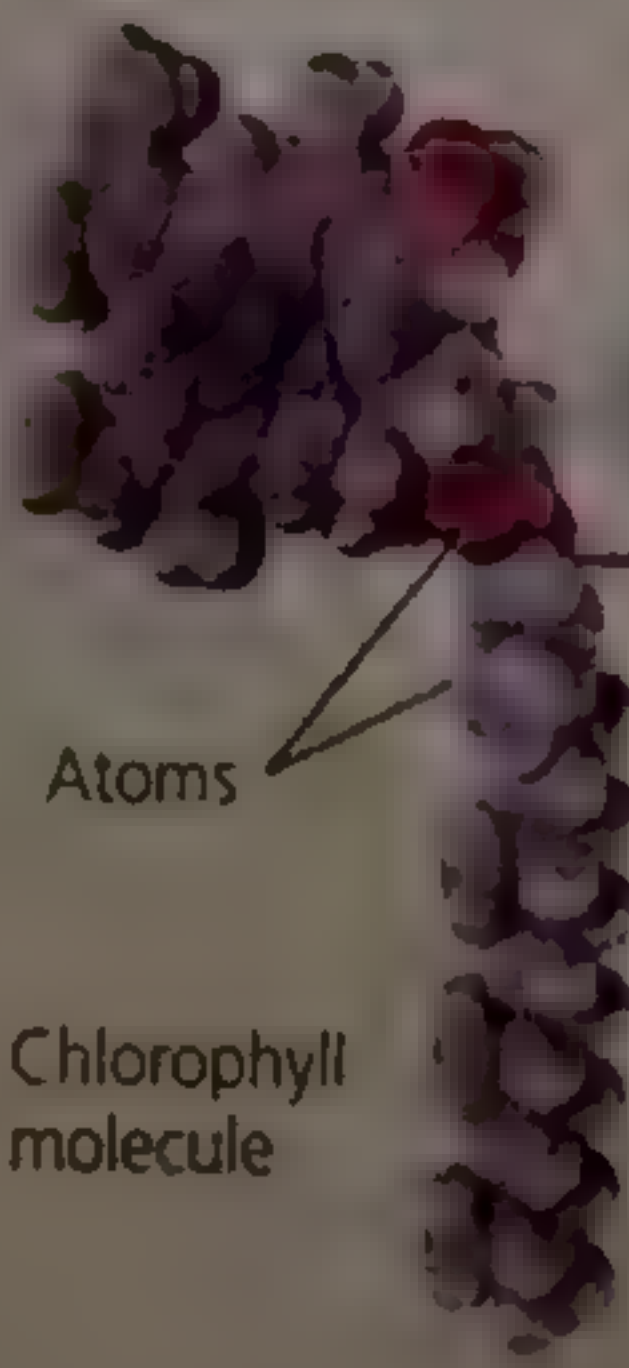
10  $\mu\text{m}$

Cell



Chloroplast

1  $\mu\text{m}$



## ۷ بافت‌ها در این مرحله برای دیدن

بافت‌های برگ باید از میکروسکوپ استفاده کنیم. هر بافت شامل گروهی از سلول‌ها است که با هم کار کرده و عملکرد خاصی را انجام می‌دهند. برگی که در این شکل مشاهده می‌کنید در یک برگ گیاهان درخت است. بافت بافت (سمت چپ تصویر) محل اصلی فرایند فتوسنتز است. فرایندی که طی آن انرژی نور به انرژی شیمیایی موجود در قند و سایر غذاها تبدیل می‌شود. از راونمای که ما به این برگ نگاه می‌کنیم بافت دیگری که همانند پارل Jigsaw (بوعی پارل دشوار) است را نیز مشاهده می‌کنیم. این بافت اپیدرم است، که سطح برگ را می‌پوشاند (سمت راست تصویر). ستون‌های موجود در اپیدرم به گار دی اکسید کربن، ماده خامی که برای ساخت قند لازم است، اجازه می‌دهد که به بافت‌های فتوسنتزکننده داخل برگ راه یابد. در این مقیاس، می‌توانیم ببینیم که هر بافت ساختار سلولی منحصری دارد.

## ۸ سلول‌ها سلول واحد پایه‌ای ساختار و

عملکرد حیات است. برخی از جانداران، مثل آمیباها و بیشتر باکتری‌ها، تک‌سلولی‌اند. سایر جانداران، مثل جانوران و گیاهان، پرسلولی‌اند. برخلاف موجودات تک‌سلولی که یک سلول مسئول انجام تمامی اعمال حیاتی است، در جانداران پرسلولی کار بین سلول‌های تخصص یافته تقسیم شده است. بدن انسان از تریلیون‌ها سلول میکروسکوپی از انواع بسیار مختلف، مثل سلول‌های ماهیچه‌ای و عصبی، تشکیل شده است. که به صورت بافت‌های تخصص یافته متفاوتی سازمان دهی شده‌اند. برای مثال، بافت ماهیچه‌ای از دسته‌ای از سلول‌های ماهیچه‌ای تشکیل شده است. در عکس زیر، تصویری بسیار بزرگ‌تر از سلول‌های موجود در برگ را مشاهده می‌کنید. عرض هریک از این سلول‌ها تنها  $40 \mu\text{m}$  (میکرومتر) است. عرض حدود  $500$  عدد از این سلول‌ها برابر عرض یک سکه کوچک است. با آنکه این سلول‌ها بسیار کوچک‌اند، اما هر کدام دارای چندین ساختار سبز رنگ به نام کلروپلاست هستند که مسئول فتوسنتز می‌باشند.

## ۹ اندام‌ها اندام‌ها ساختارهای

عملکردی متفاوتی هستند که سلول را می‌سازند. کلروپلاست نمونه‌ای از آنهاست. در این تصویر، یک وسیله بسیار قوی به نام میکروسکوپ الکترونی تصویری واضح از یک کلروپلاست را به نمایش گذاشته است.

## ۱۰ مولکول‌ها مقیاس بعدی، ما را به نمایی از حیات در کلروپلاست، در

سطح مولکولی می‌برد. مولکول ساختار شیمیایی است که از واحدهای شیمیایی کوچک‌تری به نام اتم ساخته شده است. در این تصویر کامپیوتری برای نشان دادن اتم‌های کلروپیل از گوی‌ها استفاده شده است. کلروپیل رنگبرای است که موجب سبزی برگ می‌شود. کلروپیل که یکی از مهمترین مولکول‌های موجود بر روی زمین می‌باشد، در مرحله اول فتوسنتز انرژی نورانی را از خورشید جذب می‌کند. در هر کلروپلاست، میلیون‌ها کلروپیل وجود دارد که قرارگیری‌شان در کنار هم آنها را به وسیله‌ای تبدیل کرده است تا انرژی نور را به انرژی شیمیایی ذخیره شده در مولکول‌های غذا تبدیل کند.



سال ۱۹۵۳ توانستند با بررسی ساختار مولکولی DNA که از سلول‌ها استخراج شده بود به این نتیجه برسند که چرا این مولکول پایه شیمیایی وراثت است. زمانی که دانشمندان توانستند ارتباط بین DNA و دیگر مولکول‌های موجود در سلول را دریابند نقش اصلی DNA بیشتر مشخص شد. زیست‌شناسان، باید استراتژی کاهش گرای را با مقیاس بزرگ‌تری از موضوع درک ویژگی‌های نوپدید، متوازن کنند - چگونه قسمت‌های مختلف سلول‌ها، جانداران و سایر سطوح بالاتر مثل اکوسیستم با یکدیگر کار می‌کنند؟

### زیست‌شناسی سیستم‌ها

یک سیستم به‌طور ساده شامل مجموعه‌ای از اجزاء است که با یکدیگر کار مشخصی را انجام می‌دهند. یک زیست‌شناس می‌تواند یک سیستم را در هر سطحی از سازمان‌دهی بررسی کند. یک سلول برگ، یک قورباغه، یک کلنی مورچه و یا اکوسیستم کویر را می‌توان یک سیستم در نظر گرفت. برای درک اینکه سیستم‌ها چگونه کار می‌کنند، داشتن «فهرست اجزاء» کافی نیست. با توجه به این مطلب اکنون بسیاری از محققان توانسته‌اند تا رویکرد کاهش گرای را با استراتژی‌هایی جدید برای بررسی کل سیستم کامل کنند. این تغییر در زاویه دید به مثابه آن است که از سطح زمین دو گوشه‌ای از خیابان سوار یک هلیکوپتر شوید و از آنجا بر فراز شهر پرواز کنید و از این دید مسائلی مثل زمان روز، پروژه‌های ساختمانی، تصادفات و مشکلاتی که ترافیک شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد بررسی کنید.

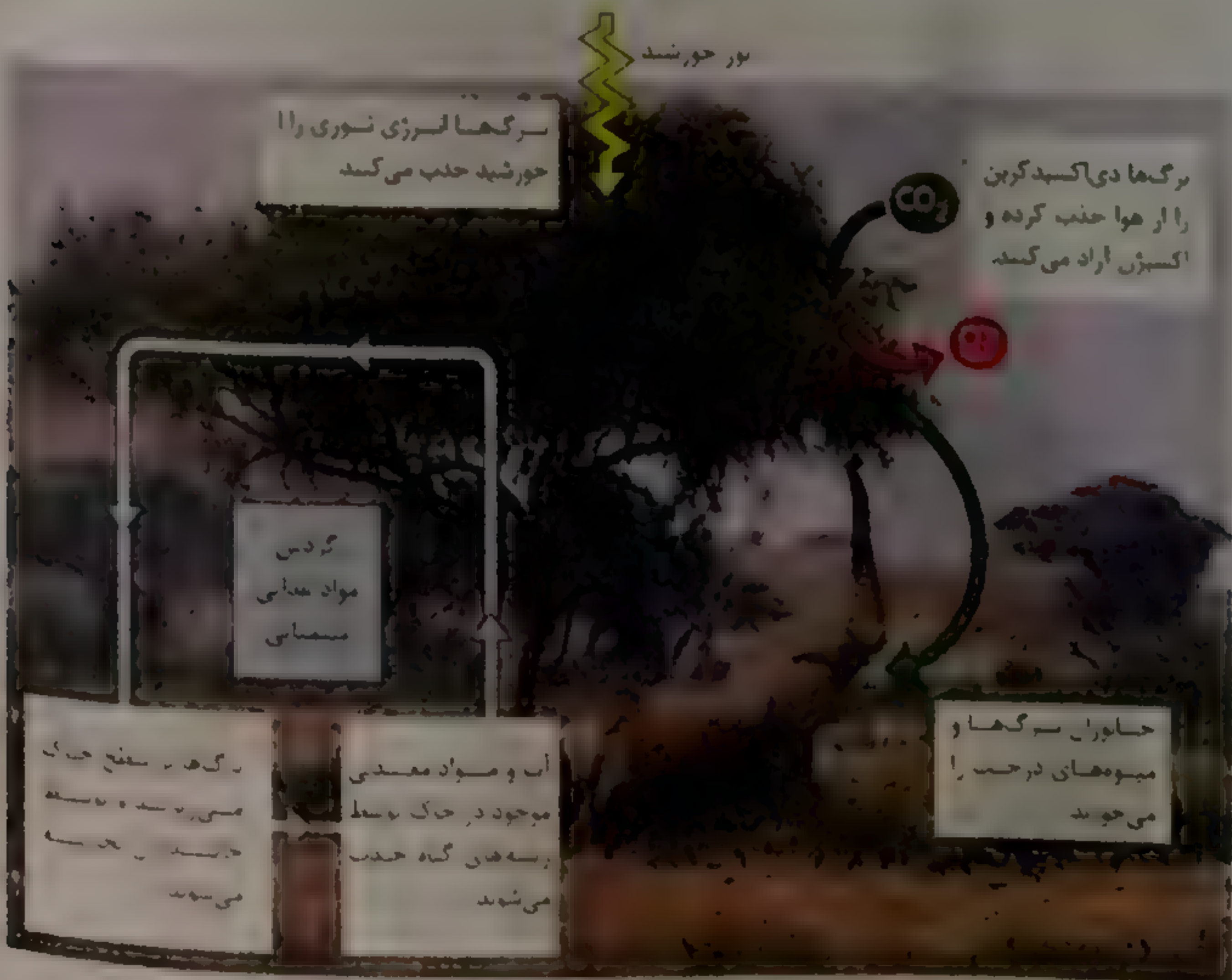
### هدف زیست‌شناسی سیستم‌ها ساخت

مدل‌هایی برای توصیف دینامیک رفتار یک سیستم زیستی کامل است. ساخت مدل‌های موفق، زیست‌شناسان را قادر ساخته تا بتوانند پیش‌بینی کنند که تغییر هر یک از متغیرها چگونه می‌تواند بر اجزای سیستم و در نهایت کل سیستم اثر بگذارد. بنابراین، رویکرد سیستمی ما را قادر ساخته تا سؤالات جدیدی طرح کنیم. یک دارو که فشار خون را پایین می‌آورد بر سایر اندام‌ها چه تأثیری دارد؟ افزایش میزان آب محصولات کشاورزی چگونه می‌تواند مولکول‌های ضروری برای تغذیه انسان را افزایش دهد؟ افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر چگونه می‌تواند اکوسیستم‌ها و کل زیست‌کره را تحت تأثیر قرار دهد؟ هدف بهایی زیست‌شناسی سیستم‌ها پاسخ به سؤالات بررگی مانند همین سؤال است.

زیست‌شناسی سیستم‌ها مربوط به بررسی حیات در سطوح مختلف است. در اوایل قرن بیستم، زیست‌شناسانی که فیزیولوژی و بیوشیمی مطالعه می‌کردند، شروع به تلفیق داده‌هایی کردند که به بررسی اندام‌های مختلف، فرایندهایی همچون تنظیم غلظت قند و ... در هماهنگی می‌کنند. در دهه ۱۹۶۰ زیست‌شناسانی که در زمینه اکوسیستم‌ها تحقیق می‌کردند سیستم‌های فابول سیستم‌ها و پیچیده‌تری را پایه‌گذاری کردند که ارتباطات بین جانداران و موجودات بی‌جان موجود در اکوسیستمی مانند نمکزار را با هم نشان می‌داد. این مدل‌ها برای پیش‌بینی پاسخ‌های این سیستم‌ها به تغییرات، بسیار کارآمد بودند. اخیراً زیست‌شناسی سیستم‌ها به سطح سلولی و مولکولی به کار گرفته شده‌اند. در مورد این گونه سیستم‌ها هنگامی که به بررسی DNA می‌پردازیم بیشتر بحث خواهیم کرد.

### موضوع ۱: جانداران با محیط فیزیکی و جانداران دیگر میانگش می‌کنند

به شکل ۱-۴ برگردید و این بار بر روی جنگل تمرکز کنید. در این اکوسیستم یا هر اکوسیستم دیگری، جانداران به‌طور پیوسته با محیط اطراف خود که شامل موجودات زنده و عوامل غیرزنده است در ارتباط هستند. برای مثال، درخت، آب و مواد معدنی را به وسیله ریشه‌های خود از خاک می‌گیرد. در همین زمان، برگ‌های گیاه دی‌اکسید کربن را از هوا و انرژی نورانی را به وسیله کلروفیل‌های



▲ شکل ۱-۵ برهمکنش‌های یک درخت آکاسیای آفریقایی با جانداران دیگر و محیط فیزیکی



برنامه‌های مهاجرت خود را تغییر داده‌اند. تنها آثار این تغییرات آشکار خواهد شد. دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که حتی اگر همین امروز سوزاندن سوخت‌های فسیلی را متوقف کنیم، چندین قرن طول می‌کشد تا مقدار  $CO_2$  به مقادیر قبل از انقلاب صنعتی برسد، چنین چیزی بسیار بعید است؛ بنابراین ضروری است که همگی ما در مورد اثرات تغییر آب و هوای جهانی بر روی زمین و جمعیت‌های آن آگاهی یابیم. عمل کرد ما باید به عنوان یک مهماندار بر روی سیاره زمین باشد؛ بایستی سخت بکوشیم تا راه‌هایی برای حل این مشکل پیدا کنیم.

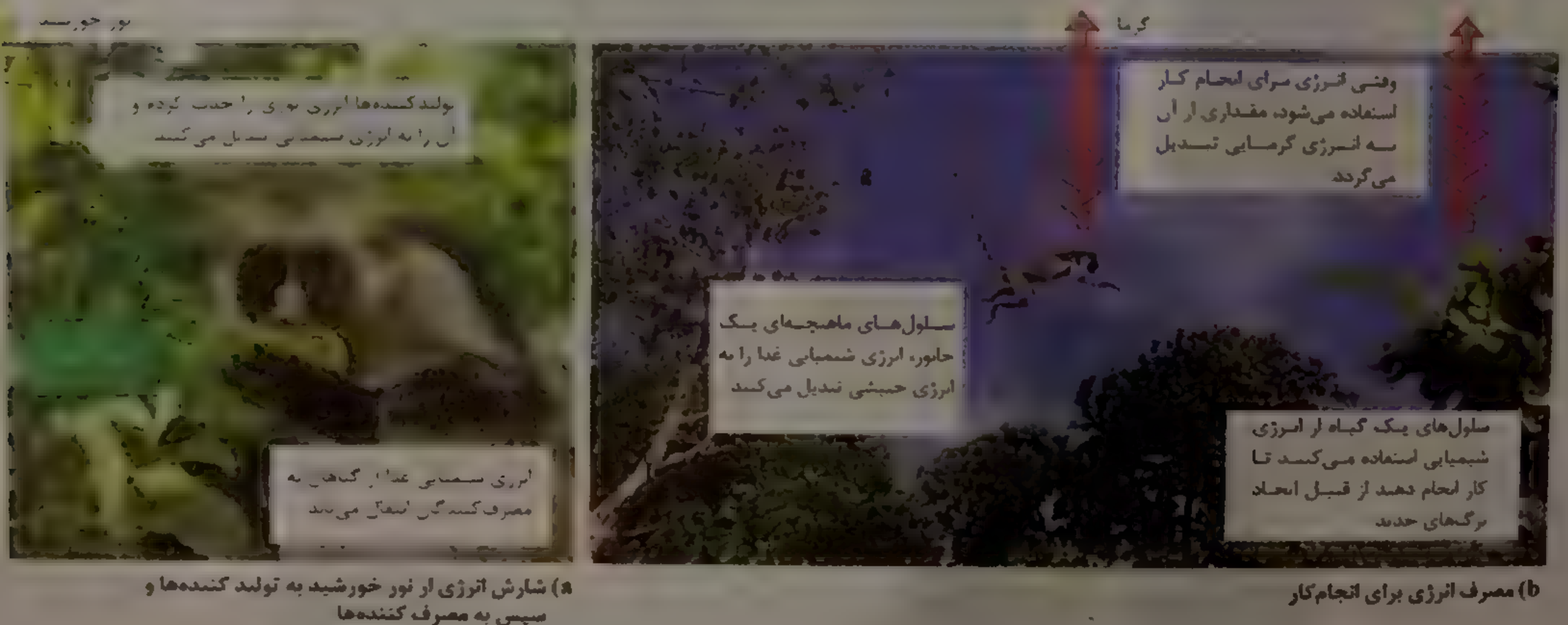
### موضوع ۳: حیات به انتقال و تبدیل انرژی نیاز دارد

همان‌طور که در شکل ۵-۱ دیدید، برگ‌های درخت نور خورشید را جذب می‌کنند. ورود انرژی خورشید، حیات را ممکن می‌سازد. یکی از ویژگی‌های اساسی موجودات زنده، استفاده آنها از انرژی برای انجام اعمال حیاتی است. حرکت، رشد، تولید مثل و سایر فعالیت‌های حیاتی، کار محسوب می‌شوند. کار به انرژی احتیاج دارد. موجودات برای زندگی کردن، اغلب حالتی از انرژی را به حالت دیگر تبدیل می‌کنند. مولکول‌های کلروفیل درون برگ‌های درخت انرژی نور خورشید را به دام انداخته و با استفاده از آن فتوسنتز را پیش می‌برند، دی‌اکسید کربن و آب را به قند و اکسیژن تبدیل می‌کنند. سپس انرژی شیمیایی موجود در قند توسط گیاهان و سایر موجودات فتوسنتز کننده (تولید کننده‌ها) به مصرف کننده‌ها داده می‌شود. مصرف کننده‌ها، مانند جانوران، موجوداتی هستند که از تولید کننده‌ها و سایر مصرف کننده‌ها تغذیه می‌کنند (شکل ۶-۱).

خود از خورشید می‌گیرند تا فرایند فتوسنتز را پیش برند و آب و دی‌اکسید کربن را به قند و اکسیژن تبدیل کنند. درخت، اکسیژن آزاد می‌کند و ریشه‌های آن با شکستن سنگ‌ها به روند تشکیل خاک کمک می‌کنند (شکل ۵-۱). هم جاندار و هم محیط اطراف آن تحت تأثیر روابط بین آن دو قرار دارند. درخت همچنین با سایر جانداران دیگر، مثل میکروارگانیسم‌های مربوط به ریشه که در خاک زندگی می‌کند و یا حیواناتی که از برگ‌ها یا میوه‌های آن تغذیه می‌کنند در ارتباط است.

ما انسان‌ها ماسد همه موجودات با محیط خود برهمکنش داریم. متأسفانه گاهی برهمکنش‌های ما پیامدهای ناگواری دارند. به عنوان مثال، در زمان انقلاب صنعتی در دهه ۱۸۰۰، سرعت مصرف سوخت‌های فسیلی (ذغال سنگ، نفت و گاز) همواره افزایش یافته است. این عمل سبب رها شدن ترکیبات گازی از جمله مقادیر زیادی دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ )، به درون اتمسفر شده است. حدود نیمی از  $CO_2$  تولید شده توسط انسان در اتمسفر باقی می‌ماند و مانند ورقه شیشه‌ای در اطراف سیاره زمین عمل می‌کنند که اجازه می‌دهد زمین در اثر تابش خورشید گرم شود، اما مانع تشعشع گرما از زمین به فضای بیرونی می‌شود. دانشمندان تخمین می‌زنند که از سال ۱۹۰۰ میانگین دمای سیاره زمین به دلیل این «اثر گلخانه‌ای»  $1^\circ C$  افزایش یافته است، و آنها تصور می‌کنند میانگین دمای کره زمین در طول قرن ۲۱ حداقل  $3^\circ C$  دیگر افزایش یابد.

این گرم شدن جهانی، جنبه اصلی تغییر آب و هوای کره زمین، آثار زیان‌باری بر روی شکل و محل طبیعی زندگی موجودات در سراسر سیاره زمین داشته است. خرس‌های قطبی قسمت زیادی از سکوی یخی که از روی آن شکار می‌کنند را از دست داده‌اند. همچنین نمونه‌هایی از چرندگان کوچک و گونه‌های گیاهی به ارتفاعات بلندتر تغییر مکان داده‌اند. جمعیت‌های پرندگان نیز



▲ شکل ۶-۱ شارش انرژی در یک اکوسیستم. این میمون قرمز *Colobus* در معرض خطر، در تانزانیا زندگی می‌کند.



#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک

برای اولین بار

جلد اول بیولوژی عمومی کمپبل

« رایگان »

تهیه و تنظیم : لیپاز بوک

@lipasebook

\*\*\*\*\*

@lipasebookbot

\*\*\*\*\*

انحصاری لیپاز بوک

ما را در تلگرام با آیدی های بالا دنبال کنید .



بررسی حیات در سطوح ساختاری متفاوت می‌توان زیبایی‌های مسائل مربوط به عملکرد را دهد.

## موضوع ۵: سلول‌ها واحد پایه‌ای ساختار و عملکرد در جانداران هستند

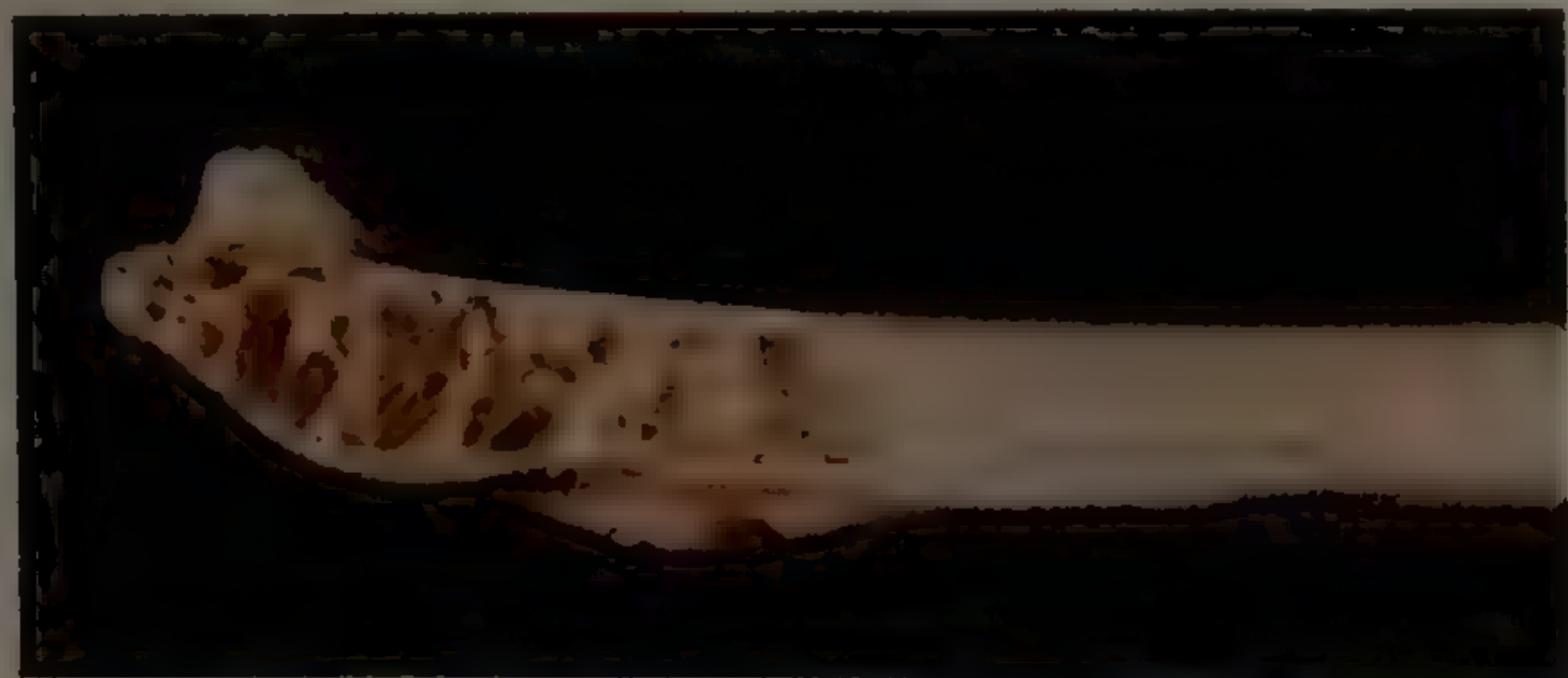
در طبقه‌بندی حیات، سلول جایگاه خاصی را به‌عنوان پایه‌ای‌ترین سطح در این طبقه‌بندی دارد که توانایی انجام تمامی فعالیت‌های زیستی را داراست. درواقع، فعالیت جانداران برپایه فعالیت سلول‌های آنهاست. برای مثال، فرایند تقسیم سلولی برای تولید سلول‌های جدید، پایه‌ای برای تولیدمثل، رشد و ترمیم جانداران پرسلولی به‌شمار می‌رود. مثالی دیگر در این زمینه، حرکت چشمان شما در حین مطالعه سطرهای این صفحه، نتیجه همکاری بین عضلات و اعصاب است. حتی فرایندی مثل چرخه کرلن نیز جزو فعالیت‌های سلولی، ازجمله فتوسنتز است که در کلروپلاست‌های سلول‌های برگ انجام می‌شود. تمرکز اصلی تحقیقات زیست‌شناسی برروی چگونگی عملکرد سلول‌هاست.

تمامی سلول‌ها دارای خصوصیات مشترک هستند. برای مثال، تمامی سلول‌ها با غشایی احاطه می‌شوند که عبور و مرور مواد را بین سلول و محیط خارج کنترل می‌کند. و تمامی سلول‌ها برای انتقال اطلاعات ژنتیکی از مولکول DNA استفاده می‌کنند اما می‌توان سلول‌ها را به دو گروه عمده تقسیم کرد: سلول‌های پروکاریوت و سلول‌های یوکاریوت. سلول‌های میکروارگانیسم‌هایی که در دو گروه باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها قرار دارند، پروکاریوت هستند، و تمامی انواع سلول‌های دیگر، از جمله جانوران و گیاهان، یوکاریوت محسوب می‌شوند.

سلول‌های عضلاتی حیوانات با استفاده از قند به عنوان سوخت حرکات را انجام می‌دهند، انرژی شیمیایی را به انرژی جنبشی (انرژی حرکتی) تبدیل می‌کنند (شکل ۱-۶). سلول‌های موجود در برگ در طی رشد برگ با استفاده از قند فرایند تکثیر سلولی را پیش می‌برند، انرژی شیمیایی ذخیره شده را به کار سلولی تبدیل می‌کنند. در هر دو مورد، مقداری از انرژی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود، که به صورت گرما به اطراف پراکنده می‌شود. برخلاف مواد غذایی شیمیایی که درون اکوسیستم بازیافت می‌شوند، انرژی در طول اکوسیستم جریان می‌یابد؛ معمولاً به صورت نور وارد شده و به صورت گرما خارج می‌شود.

## موضوع ۴: ساختار و عملکرد در تمامی سطوح نظام زیستی با یکدیگر همبستگی دارند

موضوع دیگری که در شکل ۱-۴ قابل مشاهده می‌باشد این نگرش است که ساختار با عملکرد متناسب است، مطلبی که شما هر روزه در زندگی با آن سروکار دارید. برای مثال، یک پیچ گوشتی برای سفت یا شل کردن پیچ به کار می‌رود و یک چکش برای کوبیدن میخ. کار یک وسیله چگونه به شکل آن مرتبط است؟ درخصوص زیست‌شناسی، این موضوع مربوط به آناتومی حیات در تمامی سطوح ساختاری آن است. مثالی از شکل ۱-۴ در برگ دیده می‌شود؛ شکل پهن و تخت آن باعث می‌شود تا حداکثر نور خورشید توسط کلروفیل‌های آن دریافت شود. تجزیه و تحلیل یک ساختار زیستی به ما سرنخ‌هایی در مورد چگونگی عملکرد آن می‌دهد. برعکس، دانستن چگونگی عملکرد می‌تواند اطلاعاتی در مورد ساختار به ما بدهد. به‌عنوان مثال در جانوران، بال یک پرنده مثال جالبی در مورد ساختار و عملکرد است (شکل ۱-۷). در هنگام



(b) استخوان‌های بال ساختار داخلی کندو مانند دارند که قوی، ولی سبک هستند.



(a) بال‌های پرنده از نظر آیرودینامیکی شکل کارآمدی دارند.

▲ شکل ۱-۷ شکل بال مرغ دریایی با عملکرد آن مطابقت دارد. (a) شکل بال‌های پرنده و

(b) ساختار استخوان‌های آن پروار را برایش ممکن می‌سازد.

چگونه در دست انسان، شکل با عملکرد مطابقت دارد؟



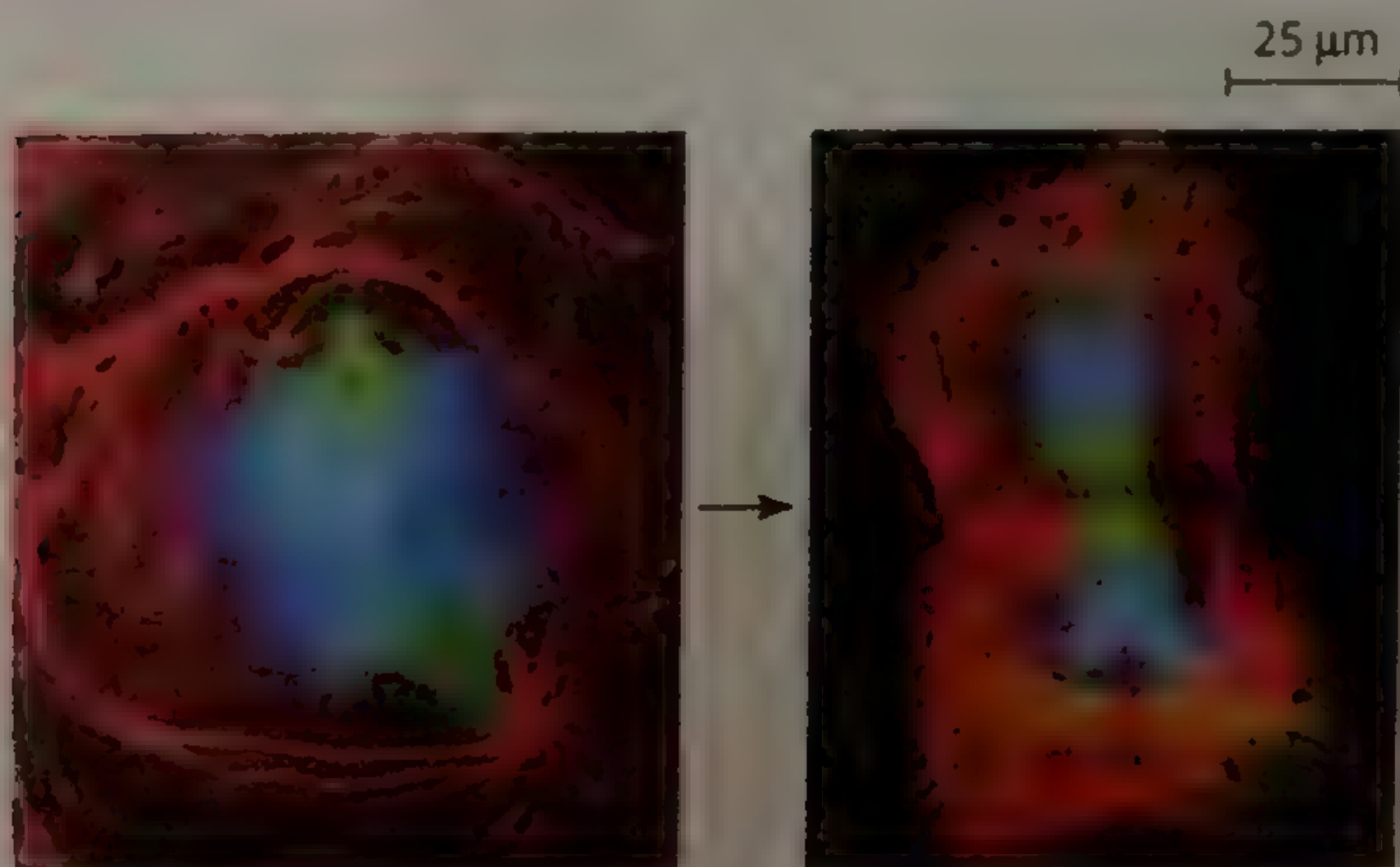


(A, B, AB, یا O) نمونه‌ای از زن‌های خاصی است که شما از والدین خود به ارث بردادید

### ساختار و عملکرد DNA

هر کروموزوم، یک مولکول DNAی طولی دارد که صدها یا هزاران ژن در طول آن قرار گرفته است. DNAی کروموزوم قبل از تقسیم سلول مضاعف می‌شود و به هریک از سلول‌های حاصل یک سری کامل از ژن‌ها، به ارث می‌رسد. هر یک از ما حیات را از یک سلول منفردی که DNAی آن را از والدین مان به ارث بردیم، شروع کرده‌ایم. همانندسازی همان مولکول DNA با هر بار تقسیم سلولی موجب شد تا همه سلول‌های ما یک سری کامل DNA داشته باشند. در هر سلول، ژن‌ها که در طول مولکول DNA قرار دارند اطلاعاتی را در مورد ساخته شدن مولکول‌های دیگری در سلول رمز می‌کند. بدین ترتیب، DNA رشد و بقای جاندار و به‌طور غیرمستقیم هر کاری که جاندار می‌کند را تحت کنترل دارد (شکل ۱-۱۰). DNA به‌عنوان یک مرجع مرکزی است

ساختار مولکولی DNA به آن این امکان را می‌دهد تا اطلاعات را ذخیره کند. هر مولکول DNA از دو رشته طولی که به دور هم پیچ خورده‌اند تشکیل شده است. اجزاء تشکیل دهنده هر رشته، از چهار نوع واحد ساختاری شیمیایی به‌نام نوکلئوتید تشکیل شده است (شکل ۱-۱۱). DNA همان‌گونه اطلاعات را رمز می‌کند که ما برای ساختن کلمات، حروف را کنار هم قرار می‌دهیم. برای مثال لغت rat به معنای موش است. لغت tar نیز از همین سه حرف تشکیل شده ولی معنای این دو کلمه بسیار متفاوت است (قیر = tar). کتابخانه‌ها پر از کتاب‌هایی (به زبان انگلیسی) هستند که در آن اطلاعات،



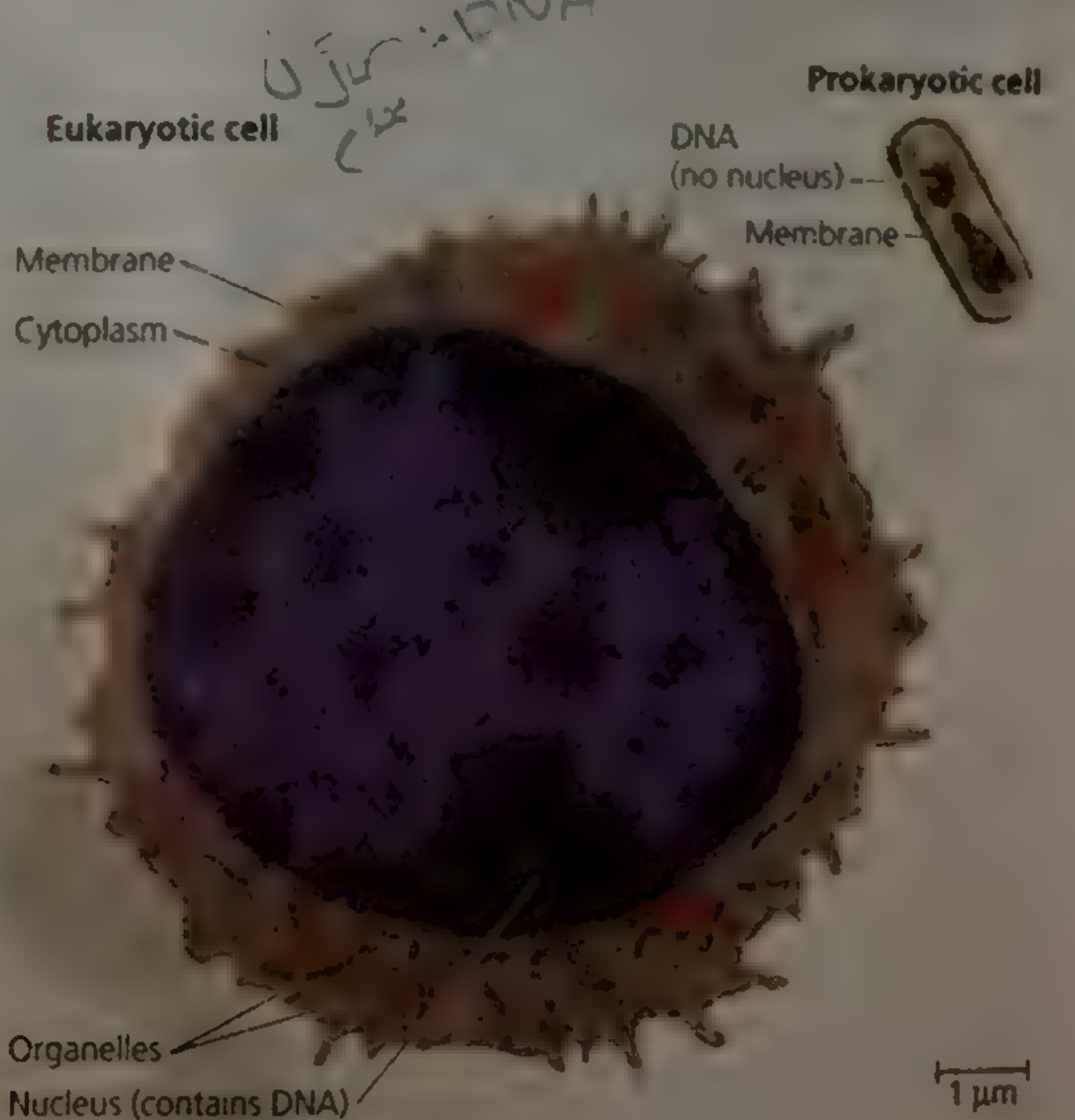
▲ شکل ۱-۹ یک سلول شش مربوط به سمندر آبی به دو سلول کوچک‌تر تقسیم می‌شود که آنها خود رشد کرده و مجدداً تقسیم می‌شوند.

یک سلول یوکاریوت توسط غشاهای درونی به اندامک‌های مختلفی که توسط غشا احاطه شده‌اند، بخش‌بندی می‌شود؛ همانند آنچه در شکل ۱-۸ می‌بینید و یا کلروپلاستی که در شکل ۱-۴ دیدید. در بیشتر سلول‌های یوکاریوت، بزرگ‌ترین اندامک هسته است که حاوی DNAی سلول می‌باشد. سایر اندامک‌ها در سیتوپلاسم قرار دارند. سیتوپلاسم، کل ناحیه بین هسته و غشای سلول است. همان‌طور که در شکل ۱-۸ می‌بینید، سلول‌های پروکاریوتی بسیار ساده‌تر و عموماً کوچک‌تر از سلول‌های یوکاریوتی هستند. در سلول‌های پروکاریوتی، DNA از سایر اجزای سلولی توسط غشای هسته جدا نشده است. همچنین سلول‌های پروکاریوتی اندامک‌های غشاداری را که در سلول‌های یوکاریوتی ذکر کردیم، ندارند. جاندار، چه از سلول‌های یوکاریوتی تشکیل شده باشد چه پروکاریوتی، ساختار و عملکرد آن بسته به سلول‌های سازنده آن است.

### موضوع ۶: ادامه حیات وابسته به انتقال اطلاعات وراثتی به صورت DNA است

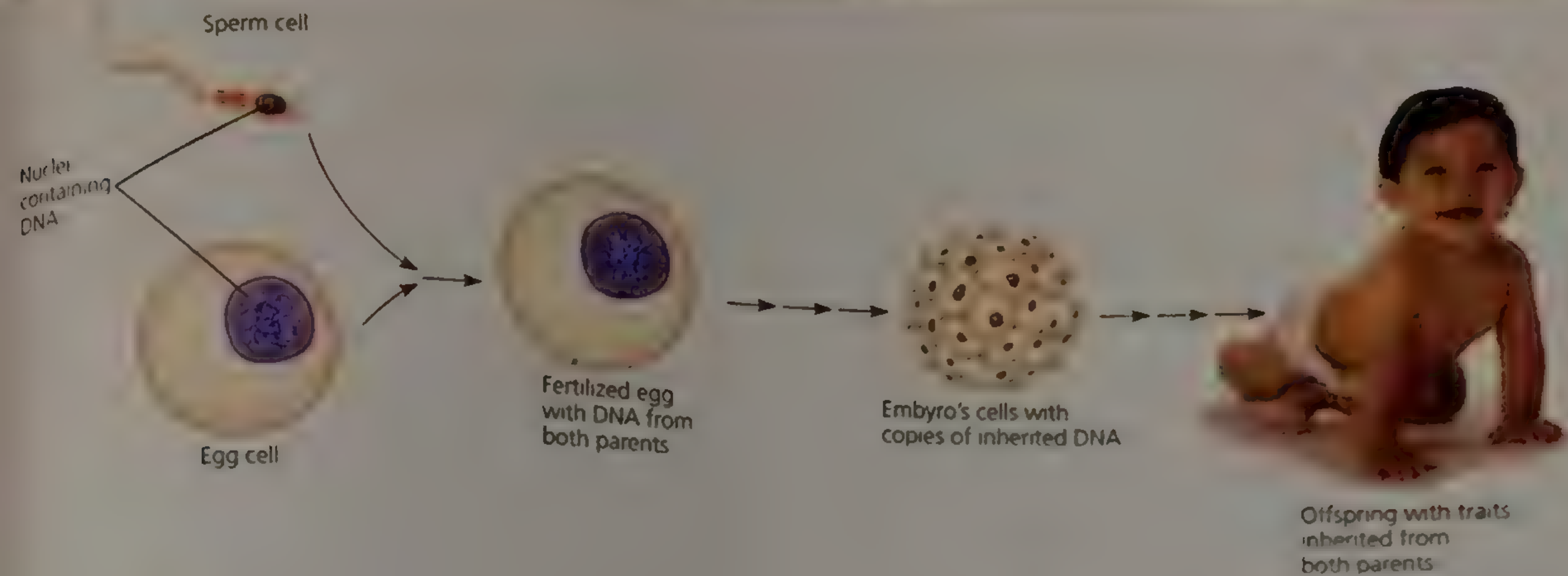
در درون سلول‌هایی که در شکل ۱-۹ در حال تقسیم شدن هستند، ساختارهایی به‌نام کروموزوم را می‌بینید که با رنگ آبی رنگ‌آمیزی شده‌اند. کروموزوم‌ها تقریباً دارای تمامی محتوای ژنتیکی سلول، یعنی DNA هستند (مخفف Deoxyribonucleic acid).

DNA ماده سازنده ژن‌هاست، یعنی واحدهای وراثتی که از والدین به فرزندان به ارث می‌رسند. برای مثال گروه خونی شما



▲ شکل ۱-۸ مقایسه سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی از نظر اندازه و پیچیدگی.





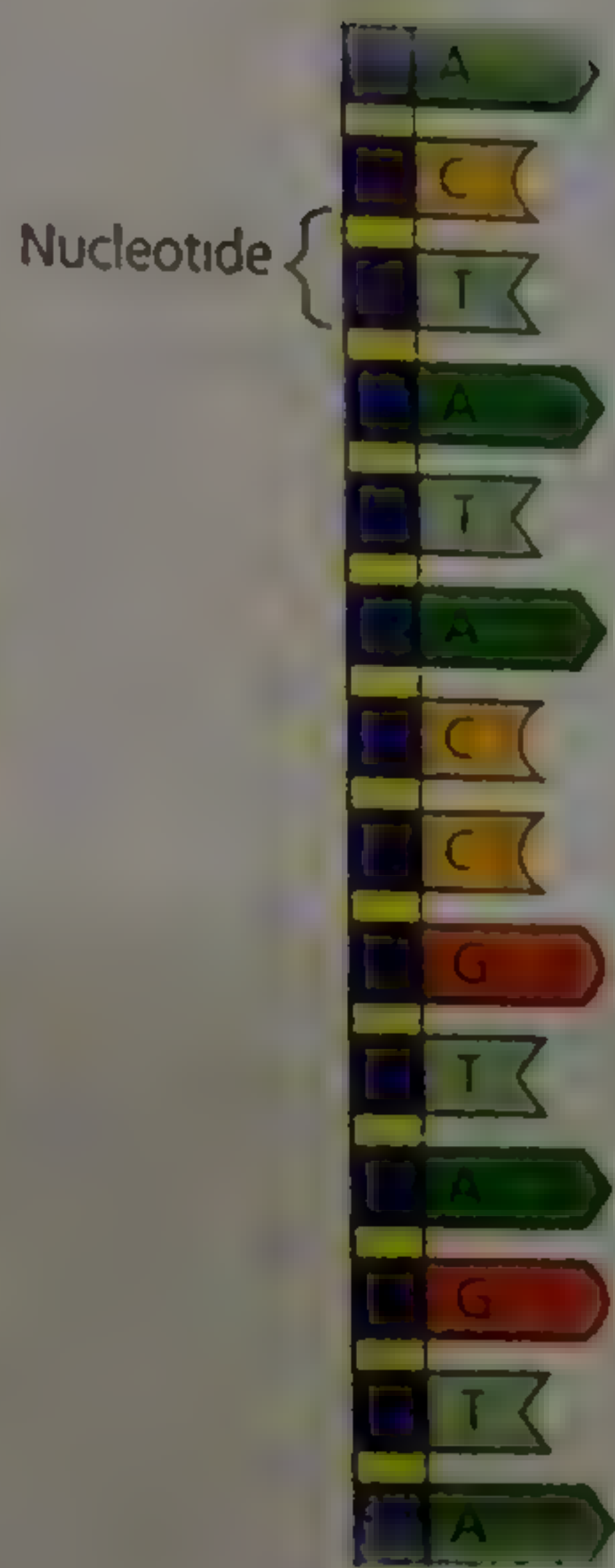
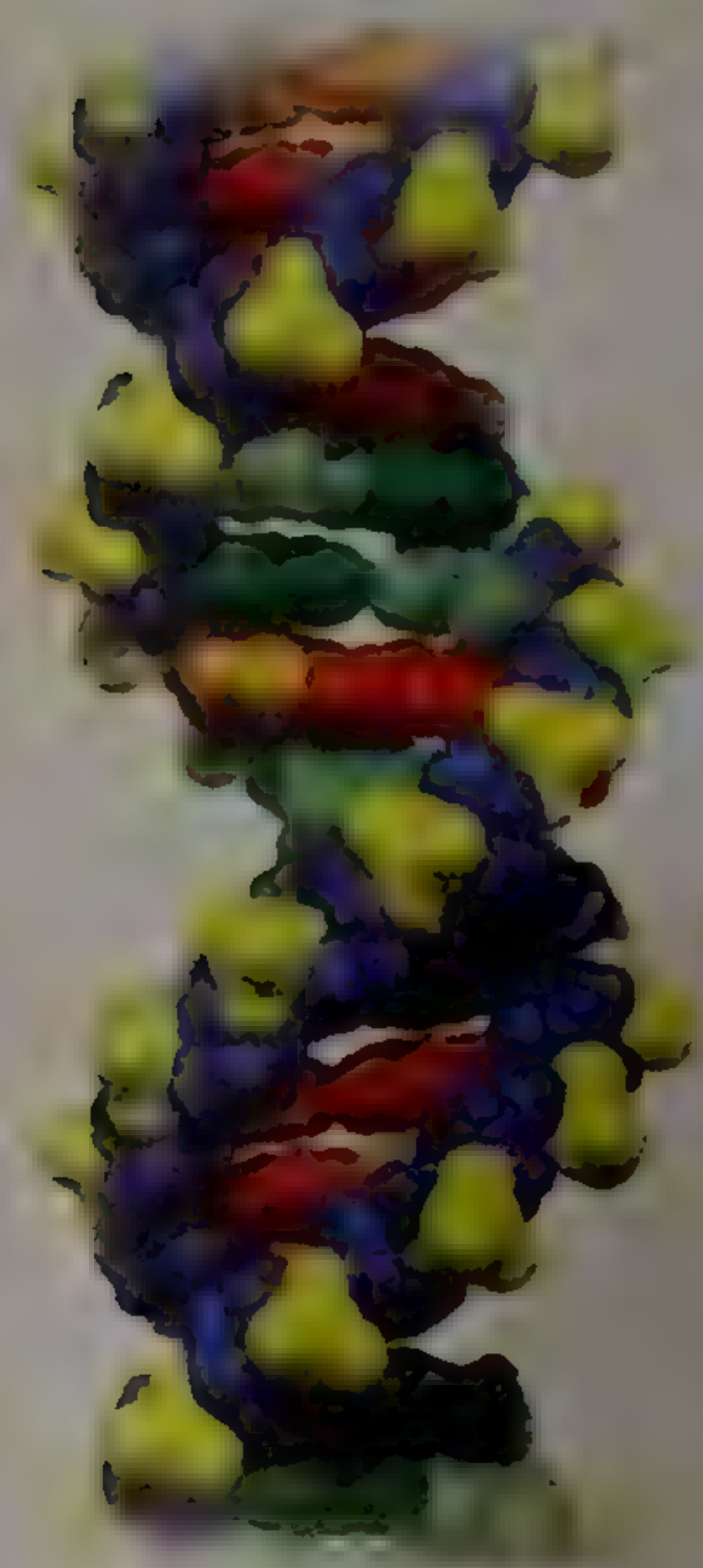
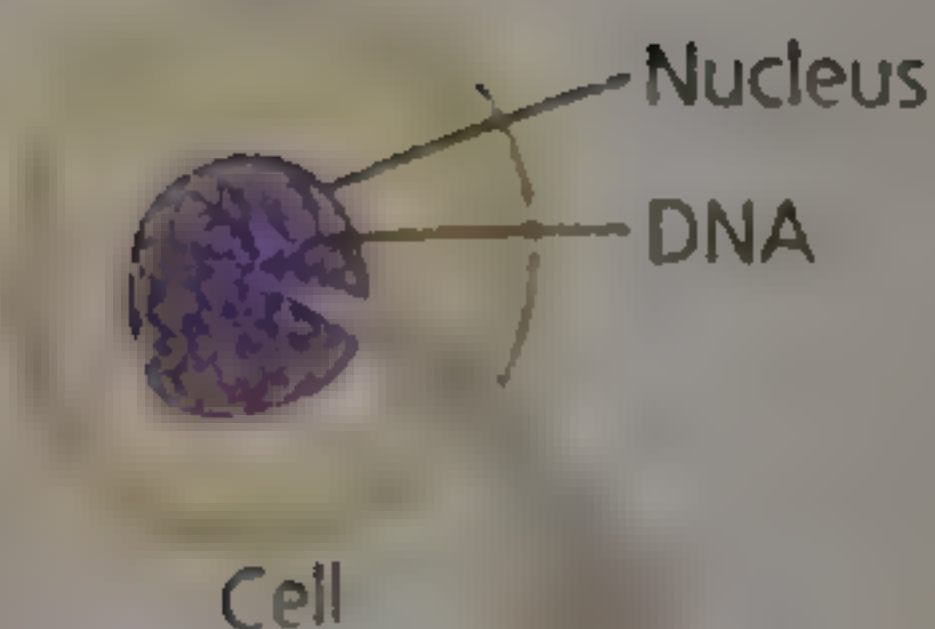
▲ شکل ۱۰-۱ DNA به ارث رسیده، تکوین جاندار را هدایت می‌کند.

به صورت توالی‌های متغیری از ۲۶ حرف رمز شده است. نوکلئوتیدها را می‌توان به عنوان الفبای وراثت در نظر گرفت. ترتیب قرارگیری خاص این چهار حرف شیمیایی، اطلاعات خاصی را در هر ژن رمز می‌کند که هر کدام از صدها تا هزاران نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. یک ژن در باکتری ممکن است ساختار قسمتی خاص از غشا را رمز کند. یک ژن خاص در انسان ممکن است به معنای ساخت هورمون رشد باشد.

ژن‌ها غالباً تولید مولکول‌های بزرگی به نام پروتئین‌ها را در سلول برنامه‌ریزی می‌کنند. سایر پروتئین‌های انسانی شامل پروتئین‌های انقباضی و پروتئین‌های دفاعی، که پادتن نام دارند، می‌شود. نوع دیگری از پروتئین که در تمامی سلول‌ها وجود دارد آنزیم نامیده می‌شود. آنزیم‌ها واکنش‌های شیمیایی را کاتالیز می‌کنند (سرعت می‌بخشند). بنابراین DNA به عنوان راهنما و پروتئین‌ها به عنوان وسیله‌ای برای حفظ بقا و رشد سلول هستند.

DNA ژن‌ها با استفاده از RNA به عنوان یک مولکول حد واسطه، ساخت پروتئین‌ها را کنترل می‌کند. ترتیب نوکلئوتیدها در ژن به RNA رونویسی می‌شود که خود به یک پروتئین خاص با شکل و عملکردی خاص ترجمه خواهد شد. در فرایند ترجمه، تمامی اشکال حیات از یک رمز ژنتیکی استفاده می‌کنند. یک ترتیب خاص از نوکلئوتیدها، معنی یکسانی در همه جانداران دارد. تفاوت‌های موجود در میان جانداران، حاصل تفاوت در ترتیب نوکلئوتیدهای آنهاست.

تمام RNAهای موجود در سلول به پروتئین ترجمه نمی‌شوند. این مطلب از دهه‌های گذشته روشن شده بود که برخی از انواع مولکول‌های RNA به عنوان اجزایی از دستگاه تولید پروتئین استفاده می‌شوند. اخیراً محققان دسته‌های کاملاً جدیدی از RNA را یافته‌اند که نقش‌های متفاوتی را در سلول ایفا می‌کنند؛ مثل تنظیم عملکرد ژن‌های رمزکننده پروتئین‌ها.



(a) مارپیچ مضاعف DNA. این طرح اتم‌های موجود در یک قطعه از DNA را نشان می‌دهد. مولکول DNA از دو زنجیره بلند تشکیل شده است که واحدهای سارنده آنها نوکلئوتیدها هستند. شکل سه بعدی مولکول DNA به صورت یک مارپیچ مضاعف است.

(b) تک رشته DNA. این اشکال هندسی و حروف، علائم ساده‌ای هستند که نوکلئوتیدهای موجود در قطعه کوچکی از یک زنجیره از مولکول DNA را نشان می‌دهند. اطلاعات ژنتیکی به صورت توالی‌های خاصی از چهار نوع نوکلئوتید رمز می‌شوند (نام نوکلئوتیدها به صورت A، T، C و G خلاصه می‌شود).

▲ شکل ۱۱-۱ DNA به عنوان ماده ژنتیکی.



کل کتابخانه ژنتیکی که جاندار از والدینش به ارث می‌برد (genome) نام دارد. یک سلول انسان، دو دسته کروموزومی به دارد و مولکول‌های DNA موجود در هر سری، نزدیک به یک میلیارد نوکلئوتید دارند. اگر هر یک از این نوکلئوتیدها را به منزله حرف و در اندازه حروف این کتاب در نظر بگیریم، با این تعداد نوکلئوتید، ۶۰۰ کتاب در اندازه همین کتاب چند جلدی خواهید داشت! در این کتابخانه ژنومی از توالی‌های نوکلئوتیدها، ژن‌های حدود ۷۵,۰۰۰ نوع پروتئین و تعدادی مولکول‌های RNA شناخته وجود دارد.

### ژنومیکس: آنالیز در مقیاس بزرگ توالی‌های DNA

کل کتابخانه اطلاعات ژنتیکی که یک موجود به ارث می‌برد ژنوم نامیده می‌شود. یک سلول معمولی انسانی دو سری کروموزوم مشابه دارد، و هر سری کروموزومی جمعاً حدود ۳ میلیارد جفت نوکلئوتید دارد. اگر یک حرف مخفف یک نوکلئوتید باشد و نوکلئوتیدهای یک رشته به تعداد حروف این کتاب نوشته می‌شدند، متن ژنتیکی حدود ۶۰۰ کتاب به اندازه کتاب کمپبل می‌شد. در این کتابخانه ژنومیکس از توالی‌های نوکلئوتیدی، ژن‌های حدود ۷۵,۰۰۰ نوع پروتئین و تعدادی مولکول RNA ناشناخته وجود دارد که پروتئین‌ها را کد نمی‌کنند.

از اوایل دهه ۱۹۹۰، سرعت توالی‌یابی ژنوم‌ها با سرعتی تقریباً باور نکردنی افزایش یافته است، که به دلیل یک انقلاب در فناوری است؛ ظهور روش‌ها و دستگاه‌های توالی‌یابی DNA جدید، مانند آنچه در شکل ۱-۱۲ نشان داده شده است، منجر به این دستاورد مهم گردیده است. در حال حاضر کل توالی نوکلئوتیدهای ژنوم انسان به همراه توالی‌های ژنومی بسیاری از موجودات دیگر، از جمله، باکتری‌ها، آرکی‌ها، قارچ‌ها، گیاهان، و سایر حیوانات، شناخته شده است.

توالی‌یابی ژنوم انسان به عنوان یک دستاورد علمی و فنی به اندازه فرود فضانوردان آپولو بر سطح ماه، در سال ۱۹۶۹، حائز اهمیت است. اما این تنها شروع تحقیقی بزرگ‌تر بود، تلاشی برای فهم اینکه چگونه فعالیت هزاران پروتئینی که توسط DNA کد می‌شوند، در سلول‌ها و کل بدن موجودات با هم هماهنگ می‌شوند. دانشمندان برای اینکه از سیل اطلاعات حاصل از طرح‌های توالی‌یابی ژنوم و کاتالوگ روبه‌رشد اعمال پروتئین‌ها سر درآورند، به جای اینکه در یک زمان یک ژن منفرد بررسی شود کل مجموعه‌های ژنی یک گونه را مطالعه کردند و ژنوم‌های گونه‌ها را با هم مقایسه نمودند - این دستاورد ژنومیکس نامیده می‌شود.

با آنکه ایده پایه‌ای زیست‌شناسی سیستم‌ها ساده به نظر می‌رسد اما در عمل بسیار مشکل است، چنان‌چه شما نیز از

پیچیدگی سیستم‌های زیستی، چنین انتظاری داشتید. برای قابل دسترس کردن زیست‌شناسی سیستم‌ها سه پیشرفت تحقیقاتی کلیدی انجام گرفته است. (۱) تکنولوژی بازده بالا ابزارهایی که می‌توانند مواد زیستی را به سرعت آنالیز کرده و مقادیر زیادی اطلاعات تولید کنند، دستگاه‌های خودکار توالی‌یابی DNA که توالی‌یابی ژنوم انسان را ممکن ساختند نمونه‌ای از این وسایل با بازده بالا هستند (شکل ۱-۱۲). (۲) بیوانفورماتیک، که با استفاده از ابزارهای کامپیوتری اطلاعات بسیار زیاد حاصل از روش‌های با بازده بالا را ذخیره، سازمان‌دهی و تحلیل می‌کنند. (۳) پیشرفت کلیدی سوم، تشکیل تیم‌های تحقیقاتی بین شاخه‌ای است، ترکیبی از چندین متخصص شامل دانشمندان علم کامپیوتر، ریاضی‌دانان، مهندسين، شیمی‌دانان، فیزیک‌دانان و بالاخره زیست‌شناسان شاخه‌های مختلف

### موضوع ۷: مکانیسم‌های بازخوردی (Feedback)، سیستم‌های زیستی را تنظیم می‌کنند

نوعی از رابطه عرضه - تقاضای اقتصادی در بسیاری از سیستم‌های زیستی مشاهده می‌شود. برای مثال ماهیچه‌های خود را در نظر بگیرید. زمانی که سلول‌های ماهیچه‌ای شما در طی فعالیت به میزان انرژی بیشتری نیاز دارند، مصرف مولکول‌های قند خود را که فراهم‌کننده سوخت‌است افزایش می‌دهند. در عوض زمانی که شما استراحت می‌کنید واکنش‌های شیمیایی متفاوتی، قند اضافی را به صورت مولکول‌های ذخیره‌ای در می‌آورند.

همانند بیش‌تر فرایندهای شیمیایی سلول، آن دسته از واکنش‌هایی که موجب ذخیره یا تجزیه مولکول‌های قند می‌شوند توسط گروه خاصی از پروتئین‌ها به نام آنزیم‌ها کاتالیز می‌شوند. هر آنزیم یک نوع واکنش خاص را کاتالیز می‌کند. در بسیاری از



▲ شکل ۱-۱۲ زیست‌شناسی، به عنوان یک علم اطلاعاتی، دستگاه‌های خودکار توالی‌یابی DNA و کامپیوترها، توالی‌یابی ژنوم‌ها را ممکن می‌کند. لکتکات واقع در شکل مربوط به Walnut Creek در بخشی از مؤسسه ژنوم کالفرنیا Joint می‌باشد.



خودتنظیمی منفی است، به طوری که تجمع محصول نهایی فرایند، موجب کاهش سرعت آن فرایند می شود. برای مثال، شکسته شدن مولکول های قند در سلول موجب تولید انرژی شیمیایی در قالب ماده ای به نام ATP می شود. زمانی که سلول بیشتر از حد نیاز خود ATP تولید می کند، این میزان ATP زیادی، بازخورد منفی ایجاد می کند و انرژی که در ابتدای مسیر قرار دارد را مهار می کند (شکل ۱۳a-۱).

در طبیعت فرایندهایی نیز توسط خودتنظیمی مثبت تنظیم می شوند، به طوری که محصول نهایی، تولید خودش را افزایش می دهد (شکل ۱۳b-۱). برای مثال می توان به لخته شدن خون اشاره کرد. زمانی که یک رگ خونی آسیب می بیند ساختارهایی در خون به نام پلاکت ها شروع به تجمع می کنند. خودتنظیمی مثبت توسط مواد شیمیایی که به وسیله پلاکت ها آزاد شده است رخ می دهد و موجب جذب تعداد بیشتری از پلاکت ها می گردد. سپس این توده پلاکتی فرایند پیچیده ای را آغاز می کند که موجب پوشیده شدن زخم با لخته می شود.

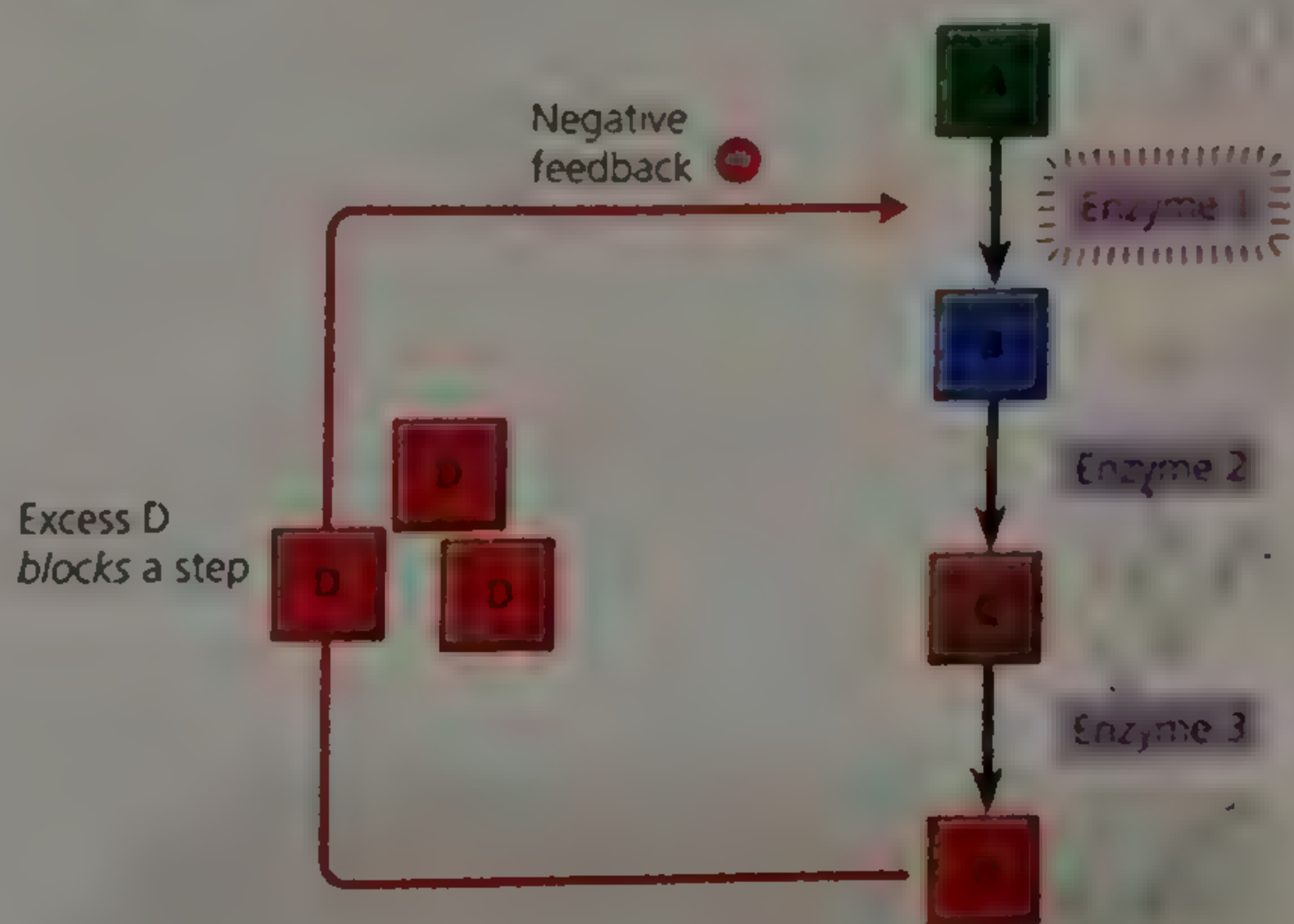
بازخورد (فیدبک)، یک فرایند تنظیمی شایع در تمامی سطوح حیات است؛ از سطح مولکولی تا اکوسیستم و حتی بیوسفر. این تنظیم ها مثال هایی از یکپارچگی هستند که سیستم های زنده را بسیار بزرگ تر از مجموع بخش هایش می سازند.

### تکامل و سیطره آن بر مفاهیم زیست شناسی

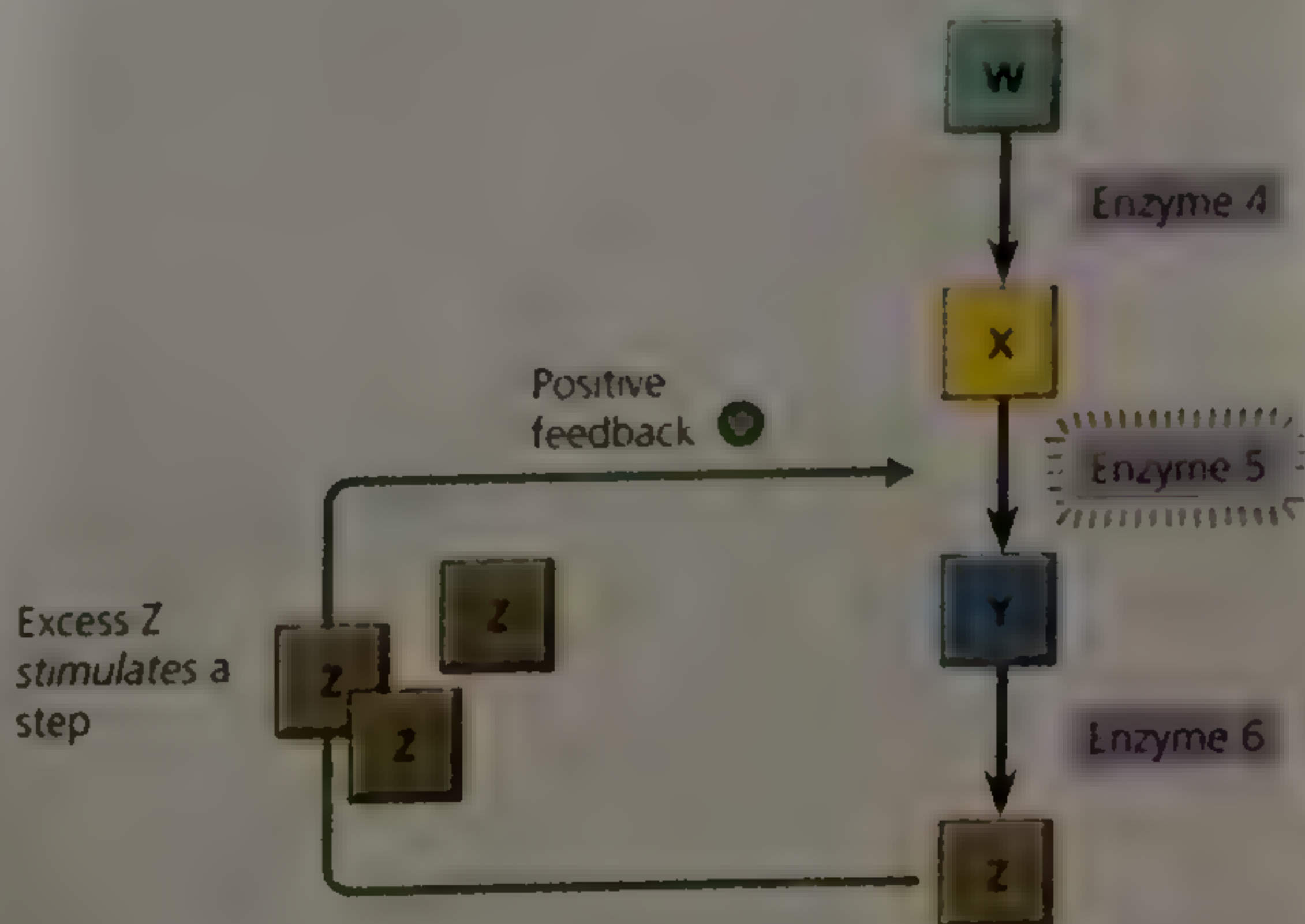
تکامل موضوع اصلی زیست شناسی است - ایده ای که به ما کمک می کند تا مفاهیمی را که در مورد جانداران زنده می دانیم توجیه کنیم. حیات چندین میلیارد سال پیش بر روی زمین آغاز شد و موجب پیدایش گونه های متفاوتی از جانداران گردید. صرف نظر از تنوع، می توانیم بسیاری از ویژگی های مشترک را در آنها دریابیم. برای مثال، با آنکه اسب آبی، خرگوش، مرغ مگس خوار، کروکودیل و زرافه ای که در شکل ۱-۳ دیدیم از لحاظ ظاهری بسیار با هم متفاوت هستند، اما شکل اسکلت آنها تقریباً یکسان است. توجیه علمی برای این وحدت و تنوع - و همچنین مناسب بودن هر جاندار برای محیط زیست خودش - تکامل است؛ ایده ای که بیان می دارد جاندارانی که امروز بر روی زمین زندگی می کنند زاده هایی از یک نیای مشترک هستند. به عبارت دیگر، وجود صفات مشترک بین دو جاندار را می توان این گونه توجیه کرد که آنها از یک نیای مشترک مشتق شده اند و تفاوت های آنها را نیز می توان این طور توجیه کرد که به علت تغییرات وراثتی در طول زمان ایجاد شده اند. شواهد زیادی دال بر وقوع تکامل و تئوری آن وجود دارد. پس از پرداختن به برخی دیگر از مفاهیم زیستی و ترسیم چهره کامل تری از آن، دوباره در همین فصل به مبحث تکامل برمی گردیم.

موارد، این واکنش ها در مسیرهای شیمیایی باهم ارتباط می یابند که هر مرحله توسط آنزیمی خاص کاتالیز می شود. سلول چگونه این مسیرهای متنوع شیمیایی را هماهنگ می کند؟ در مثال ما در مورد مدیریت قنده سلول چگونه میزان سوخت خود را با میزان نیازش منطبق می سازد و مسیرهای تولید قند و ذخیره آن را با یکدیگر هماهنگ می کند؟ کلید این موضوع، قابلیت بسیاری از فرایندهای زیستی برای خودتنظیمی به وسیله مکانیسمی به نام بازخورد است.

در تنظیم بازخوردی (فیدبکی)، محصول یک فرایند، خود آن فرایند را تنظیم می کند. در حیات، خودتنظیمی بیشتر به صورت



(a) بازخورد منفی. این مسیر شیمیایی سه مرحله ای، ماده A را به ماده D تبدیل می کند. هر یک از واکنش های شیمیایی توسط آنزیم به خصوصی کاتالیز می شود. تجمع محصول نهایی (D)، اولین آنزیم مسیر را مهار می کند، بنابراین سرعت تولید ماده D کاهش می یابد.



(b) بازخورد مثبت. در یک مسیر شیمیایی که توسط بازخورد مثبت تنظیم می شود، یک محصول، یکی از آنزیم های مسیر را تحریک کرده و سرعت تولید آن محصول را افزایش می دهد.

### ▲ شکل ۱-۱۳ تنظیم به وسیله مکانیسم های بازخورد.

اگر آنزیم ۲ از دست برود، پیرای سیستم بازخورد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ بازخورد مثبت می شود



دوبرزنسکی (Theodosius Dobzhansky) می‌گوید: هیچ مطلقی در زیست‌شناسی جز در زیر نور تکامل معنا پیدا نمی‌کند.

زیست‌شناسی به بررسی گونه‌های بسیار متفاوتی که تاکنون بر روی زمین زندگی کرده‌اند، می‌پردازد. برای فهمیدن منظور دوبرزنسکی، باید در مورد چگونگی تفکر زیست‌شناسان درباره این گوناگونی بحث کرد.

### طبقه‌بندی گوناگونی حیات

گوناگونی یکی از خصوصیات حیات است. زیست‌شناسان تاکنون حدود ۱/۸ میلیون نوع گونه را نام‌گذاری کرده‌اند. این گوناگونی حیات شامل حداقل ۶,۳۰۰ گونه پروکاریوتی (جاندارانی با سلول‌های پروکاریوتی)، ۱۰۰,۰۰۰ گونه قارچ، ۲۹۰,۰۰۰ گونه گیاه، ۵۲,۰۰۰ گونه مهره‌دار (جانورانی که ستون مهره دارند) و یک میلیون گونه حشره می‌باشد. محققان هر ساله هزاران گونه را به این لیست اضافه می‌کنند. محاسبه تقریبی تعداد گونه‌ها در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون است. این عدد به هر مقدار که باشد، گوناگونی بسیار زیاد حیات موجب شده تا زیست‌شناسی گستره وسیعی داشته باشد. زیست‌شناسان، درگیر چالشی بزرگ برای فهم این گوناگونی هستند (شکل ۱-۱۴).

### پرسش‌های مبحث ۱-۱

۱. برای هر یک از سطوح زیستی که در شکل ۱-۴ مشاهده می‌کنید، جمله‌ای بنویسید که در آن سطح پائین‌تر زیستی وجود داشته باشد. برای مثال: جامعه شامل جمعیت‌هایی از گونه‌های مختلف است که در یک مکان خاص زندگی می‌کنند.

۲. چه موضوعاتی را از مطالب زیر درک می‌کنید؟ (a) تنوع‌های تنوع، چرخه تنوع (b) گوناگونی شدن درخت از یک سلول منفرد (c) تنوع مگس‌خوار از قند به عنوان سوخت برای پرواز استفاده می‌کند.

**فهم می‌شد اگر!** برای هر یک از موضوعاتی که در این قسمت مطرح شد مثالی بزنید که در کتاب وجود نداشته باشد.

برای مطالعه پاسخ‌های پیشنهادی، به صفحه ۱ مراجعه کنید.

### ۱-۲ مطلب اساسی: تکامل، علت وجود وحدت و تنوع در حیات است

**تکامل** فهرست موضوعات زیستی که در مبحث ۱-۱ بحث

کردیم غیرقابل تغییر نیست و ممکن است بتوان لیست‌هایی طولانی‌تر یا کوتاه‌تر و کاربردی‌تری تهیه کرد. اما در مورد مطلب اصلی زیست‌شناسی در بین زیست‌شناسان، تفاهم وجود دارد: تکامل. یکی از بزرگان پایه‌گذار تئوری تکامل تئودوسیوس



### ▲ شکل ۱-۱۴ طبقه‌بندی حیات

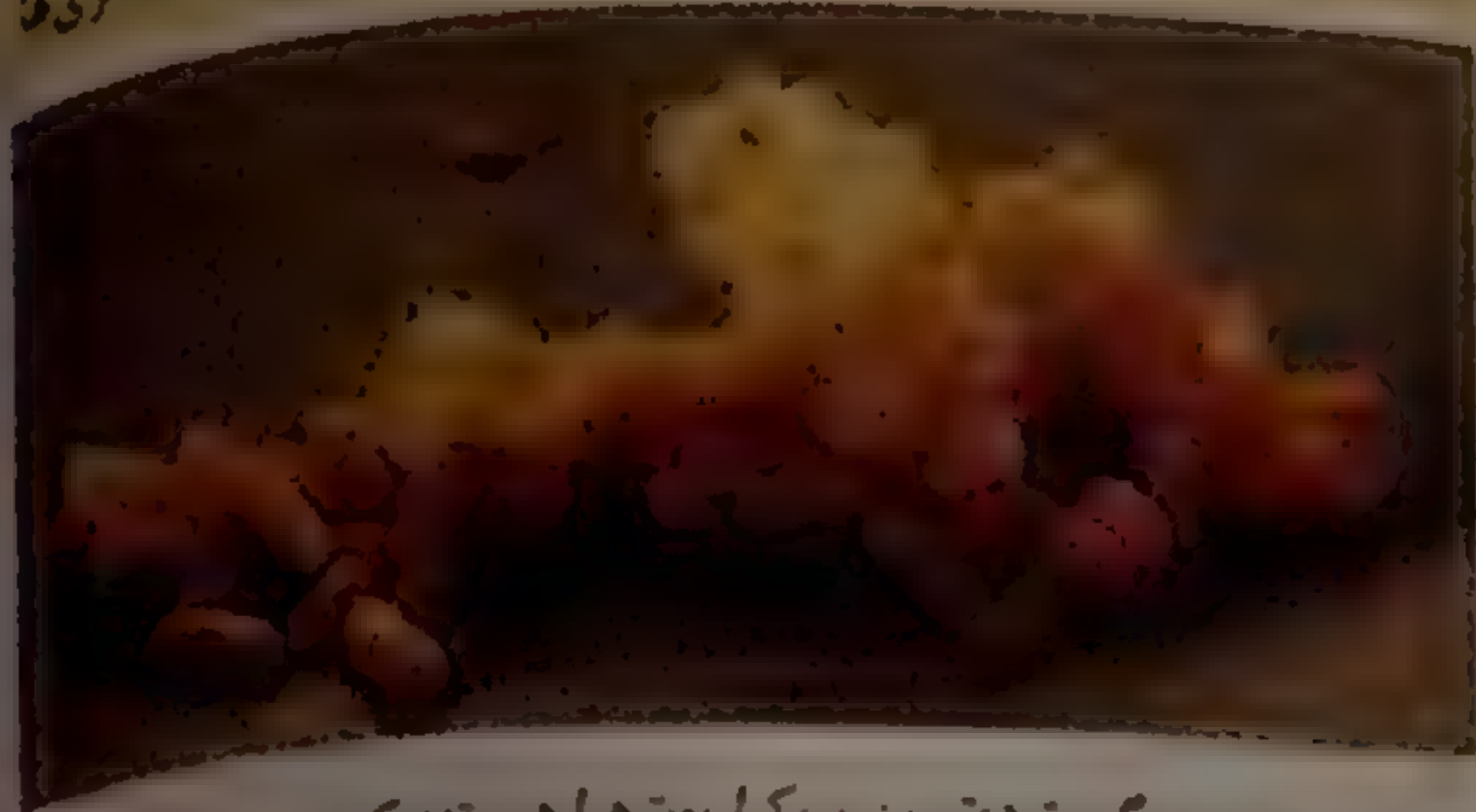
برای کمک به بررسی تنوع حیات، زیست‌شناسان گونه‌ها را گروه‌بندی می‌کنند که این گروه‌ها نیز با هم ترکیب شده و گروه‌های بزرگ‌تری را می‌سازند. در سیستم مستی‌لکه، گونه‌هایی که بسیار به هم نزدیک هستند، مثل خرس قطبی و خرس قهوه‌ای، در یک سرده قرار می‌گیرند؛ سرده‌ها در درون تیره‌ها (خانواده‌ها) گروه‌بندی می‌شوند و به همین ترتیب گروه‌ها بزرگ‌تر و بزرگ‌تر می‌شوند. این مثالی از طبقه‌بندی *Ursus americanus*.

خرس قهوه‌ای آمریکاست



## سه قلمرو حیات

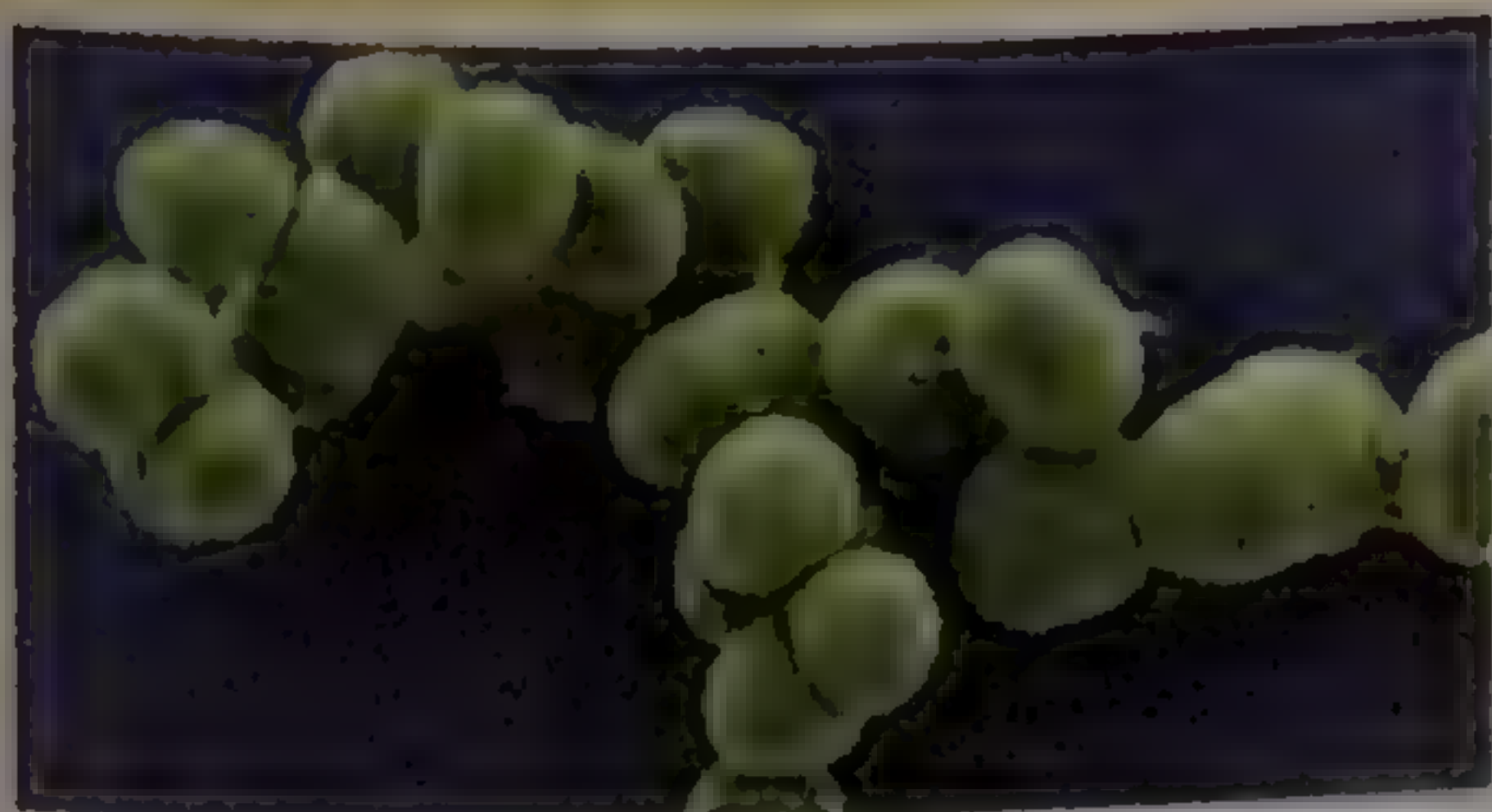
(a) قلمرو باکتری



2 μm

باکتری‌ها متنوع‌ترین و گسترده‌ترین پروکاریوت‌ها هستند که همه‌کس در فرماتروهای مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند. هر کدام از اشکال استواری که در شکل می‌بینید یک باکتری است.

(b) قلمرو آرکی



2 μm

بسیاری از پروکاریوت‌هایی که به عنوان آرکی شناخته می‌شوند در محیط‌های افراطی مثل درجه‌های نمک و دما چشمه‌های جوشان زندگی می‌کنند. در قلمرو آرکی چند فرم‌ها قرار دارد. هر یک از این فرم‌ها در این شکل، یک نمونه آرکی است.

(c) قلمرو یوکاریوت



فرماتروهای گیاهان شامل یوکاریوت‌های  $\Delta$  است. این گیاهان می‌کنند (نور را به انرژی شیمیایی موجود در غذاها تبدیل می‌کنند).

### فرماتروهای قارچ‌ها

تا حدی به وسیله نحوه

تغذیه اعضایش تعریف می‌شود (مثل این قارچ چتری) که مواد غذایی را از بیرون پیکرشان جذب می‌کنند.



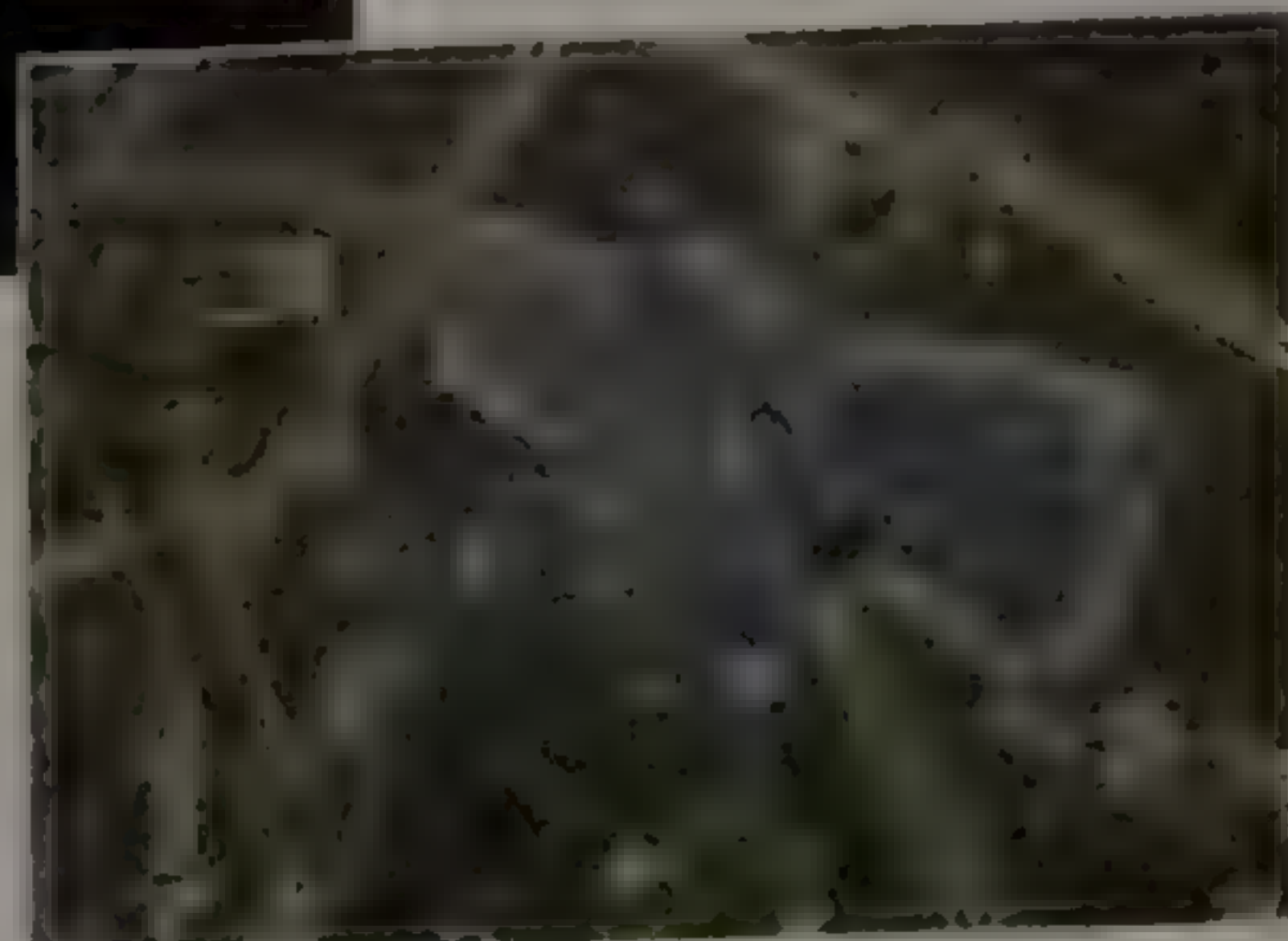
100 μm

فرماتروهای جانوران شامل پروکاریوت‌های پرستونی است که از دیگر جانداران تغذیه می‌کنند.

### آغازیان بیشتر شامل

یوکاریوت‌های تکسلولی و برخی پرسلولی‌های نسبتاً ساده می‌باشند. تصویری که می‌بینید

مربوط به آغازیانی است که در آب‌های شیرین زندگی می‌کنند. بحث زیست‌شناسان اکنون بر سر این مسأله است که چگونه آغازیان را طبقه‌بندی کنند که روابط تکاملی آنها را به طور دقیق نشان دهد.



## گروه‌بندی گونه‌ها: ایده پایه‌ای

یکی از علایق انسان گروه‌بندی موارد گوناگون بر اساس تشابه آنها است. برای مثال ممکن است شما مجموعه موسیقی خود را بر اساس نام هنرمند طبقه‌بندی کنید. سپس ممکن است هنرمندان گوناگون را در یک گروه بزرگتر مثل جاز، راک و یا کلاسیک دسته‌بندی نمایید. با همین منطق، گروه‌بندی گونه‌های مشابه برای ما یک امر طبیعی است. ممکن است در مورد گروه سنجاب‌ها و پروانه‌ها صحبت کنیم در حالی که می‌دانیم انواع مختلفی از گونه‌ها در هر گروه جای گرفته‌اند. حتی می‌توان گروه‌ها را وسیع‌تر کرد و از گروه‌های بزرگتری مثل چونندگان (که شامل سنجاب‌ها نیز می‌شود) و حشرات (که شامل پروانه‌ها نیز می‌شود) صحبت نمود. رده‌بندی

(Taxonomy)، شاخه‌ای از دانش زیست‌شناسی است که گونه‌ها را نام‌گذاری و طبقه‌بندی می‌کند (شکل ۱-۱۴). در فصل ۲۶ بیشتر راجع به رده‌بندی صحبت خواهیم کرد. اکنون راجع به قلمروها و فرماتروها بحث می‌کنیم که بزرگ‌ترین واحدهای طبقه‌بندی هستند.

## سه قلمرو اصلی حیات

تا حدود ۲۰ سال پیش، بیشتر زیست‌شناسان، طرح طبقه‌بندی را پذیرفته بودند که گوناگونی جانداران بر روی زمین را به پنج فرماترو اصلی طبقه‌بندی می‌کرد: گیاهان، جانوران، قارچ‌ها،





**▲ شکل ۱-۱۶** مثالی از وحدت در مقابل گوناگونی حیات: ساختار مژک در سلول‌های یوکاریوتی. مژک‌ها، همانند سلولی هستند که سلول به سطح آنها حرکت می‌کند. مژک‌ها در سلول‌های یوکاریوتی، در حد بسیار گسترده‌ای، همان‌گونه که بازمی‌یافت می‌شوند تا آنکه این به حد بسیار گسترده‌ای می‌رسد. مژک‌ها در سلول‌های یوکاریوتی، در حد بسیار گسترده‌ای، همان‌گونه که بازمی‌یافت می‌شوند تا آنکه این به حد بسیار گسترده‌ای می‌رسد.

(Protozoans)، در یک فرمانرو (فرمانروی آغازیان) قرار می‌گیرند بسیاری از زیست‌شناسان مرزهای این فرمانرو را گسترش دادند تا برخی از انواع پرسلولی مثل جلبک‌ها که با آغازیان تک‌سلولی نسبت نزدیک دارند را نیز دربر بگیرد. در تاکسونومی جدید، علاقه بر این است تا آغازیان را به چندین فرمانرو تقسیم کنند. علاوه بر این فرمانروهای آغازی، فرمانروی یوکاریوت‌ها شامل سه فرمانروی پرسلولی از یوکاریوت‌هاست: فرمانروهای گیاهان، قارچ‌ها و جانوران. این سه فرمانرو از طریق نحوه تغذیه‌شان را هم تشخیص داده می‌شوند. گیاهان از طریق فتوسنتز، قند و سایر مواد غذایی مورد نیاز خود را تولید می‌کنند. قارچ‌ها غالباً جاندارانی تحریره‌کننده هستند و با تجزیه کردن جانداران مرده و یا بقایای مواد دفعی آنها (مثل بقایای برگ‌ها و یا مدفوع حیوانات) مواد غذایی را جذب می‌کنند. جانوران مواد غذایی را می‌بلعند و سپس هضم می‌کنند.

### وحدت در گوناگونی حیات

با آنکه حیات بسیار گوناگون است، اما در عین حال وحدت قابل توجهی را به نمایش می‌گذارد. پیشتر راجع به شباهت ساختمان اسکلت مهره‌داران صحبت کردیم، اما تشابه در سطح مولکولی و سلولی بسیار بیشتر است. برای مثال فضای جهانی ژنتیکی DNA، از باکتری گرفته تا جانوران، مشابه است. وحدت همچنین در بسیاری از جنبه‌های ساختار سلولی قابل مشاهده است (شکل ۱-۱۶).

یوکاریوت‌های تک‌سلولی و پروکاریوت‌ها، از آن زمان به بعد، شوندهای جدیدی چون مقایسه توالی DNA گونه‌های مختلف، موجب ارزیابی مجدد در تعداد و مرزهای فرمانروها شد. محققان از ۱۲ فرمانرو را تا به حال پیشنهاد داده‌اند، درحالی‌که هنوز در این مورد بحث وجود دارد، اما توافق کلی بر آن است که فرمانروها را می‌توان در سه دسته بزرگتر به نام قلمرو طبقه‌بندی کرد. این سه قلمرو شامل باکتری‌ها، آرکی‌آ (آرکی‌باکتری‌ها) و یوکاریا (یوکاریوت‌ها) هستند (شکل ۱-۱۵).

جانداران موجود در دو قلمروی باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها همگی پروکاریوت هستند اغلب پروکاریوت‌ها تک‌سلولی و میکروسکوپی می‌باشند در سیستم ۵ فرمانرویی، باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها در یک فرمانرو قرار دارند زیرا هر دو پروکاریوت هستند. اما تحقیقات اخیر، بیشتر از این دیدگاه دفاع می‌کند که باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها دو شاخه کاملاً مجزا از هم در دنیای پروکاریوت‌ها هستند. این تفاوت‌ها را در فصل ۲۷ خواهید دید. همچنین شواهد اخیر نشان داده‌اند که آرکی‌باکتری‌ها بیشتر به جانداران یوکاریوتی شبیه هستند تا باکتری‌ها. هم‌اکنون تمامی یوکاریوت‌ها در فرمانروهای مختلفی از قلمرو یوکاریوت‌ها، گروه‌بندی می‌شوند. در زمانی که برای جانداران پنج فرمانرو قائل بودند، بیشتر یوکاریوت‌های تک‌سلولی، مثل پروتوزوآها



## چارلز داروین و نظریه انتخاب طبیعی



با رجه خنک که توسط سنگواره‌ها و سایر شواهد ثبت شده است، نشان می‌دهد که در کره زمین با چند میلیارد سال سن، جانداران متنوعی زندگی می‌کرده‌اند (شکل ۱۷-۱). این دیدگاه تکاملی از جانداران در نوامبر سال ۱۸۵۹، زمانی که چارلز روبرت داروین کتاب خود

را تحت عنوان منشأ گونه‌ها در اثر انتخاب طبیعی

▲ شکل ۱۸-۱ چارلز داروین در هنگام جوانی.

(On the Origin of Species by Means of Natural Selection)

به چاپ رساند، شکل گرفت. کتاب داروین به سرعت جزو پرفروش‌ترین کتاب‌ها شد و داروینیسم مترادف تکامل گردید (شکل ۱۸-۱).

خاستگاه گونه‌ها از دو مطلب اصلی تشکیل شده است. ابتدا داروین با مدارکی بیان داشت که گونه‌های مختلف از یک نیای مشترک منشأ گرفته‌اند (در مورد شواهد تکامل در فصل ۲۲ با جزئیات بحث خواهیم کرد). داروین این تاریخچه تکاملی گونه‌ها را



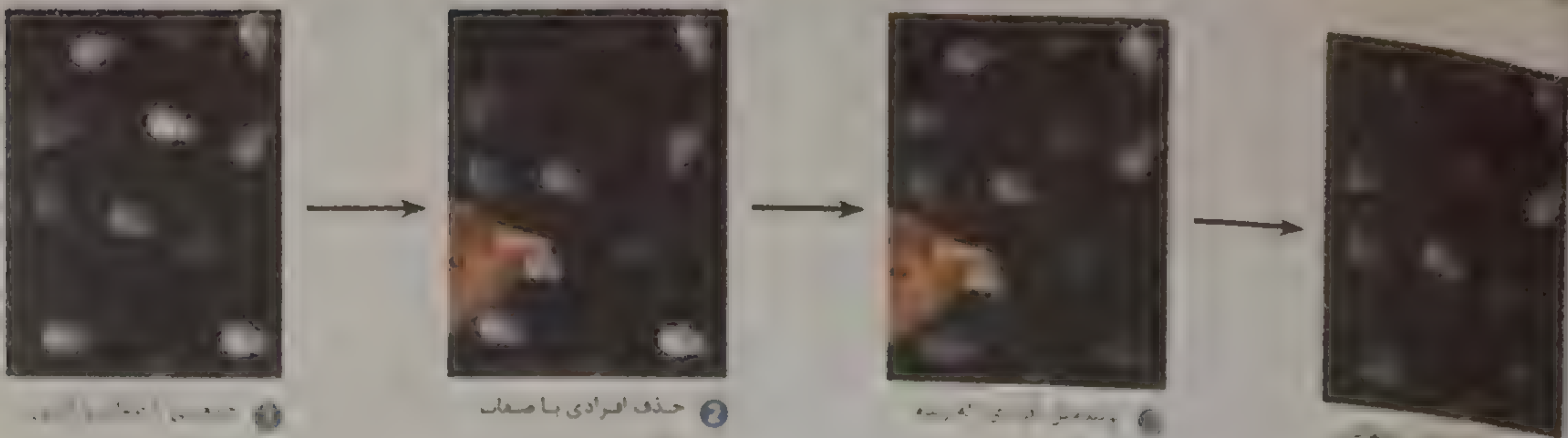
▲ شکل ۱۹ برگشت به گذشته. باستان‌شناسان با دقت استخوان پای یک دیپوسور کردن دراز (Rapetosaurus krausei) را از صخره‌های ماداگاسکار نمایان

چگونه می‌توان طبیعت دوگانه وحدت و گوناگونی جانداران را توجیه کرد؟ فرایند تکامل که در قسمت بعدی توضیح داده خواهد شد این مسائل را شرح می‌دهد و بعد دیگری از زیست‌شناسی را به ما معرفی خواهد کرد: زمان و تاریخ



▲ شکل ۲۰ وحدت و گوناگونی در خانواده گل ارکیده. این سه ارکیده انواعی از یک طرح کلی مشترک هستند. به عنوان مثال، هر سه آنها دارای گلبرگ لمبیدی می‌باشند که حشرات گرده‌افشان را به خود جذب می‌کند و همچنین جایگاهی برای نشستن گرده‌افشان‌ها فراهم می‌کند





▲ سن ۱-۲۰ انتخاب طبیعی. این جمعیت فرضی از سوسک‌ها در مکانی که خاک به علت سوجس غلف‌ها سیاه‌رنگ شده است. یک سوسک‌ها طبعی از خاکستری روشن تا دفالی است برای پرندگان گرسنه‌ای که از این سوسک‌ها نغده می‌کند.

خواهند داد. تکامل زمانی رخ می‌دهد که موفقیت تولیدمثلی افراد جمعیت را با محیط خود سازگار می‌کند. داروین این مکانیسم سازگاری تکاملی را انتخاب طبیعی نامید. زیرا محیط طبیعی، صفات خاصی را «انتخاب» می‌کند. مثالی که در **شکل ۱-۲۰** مشاهده می‌کنید نشان می‌دهد که انتخاب طبعی چگونه تغییرات رنگ را در جمعیت، «ویرایش» می‌کند. انتخاب طبیعی را می‌توان در بسیاری از جانداران که با شرایط خاص محیط اطراف تطابق پیدا کرده‌اند، یافت (**شکل ۲۱-۱**)



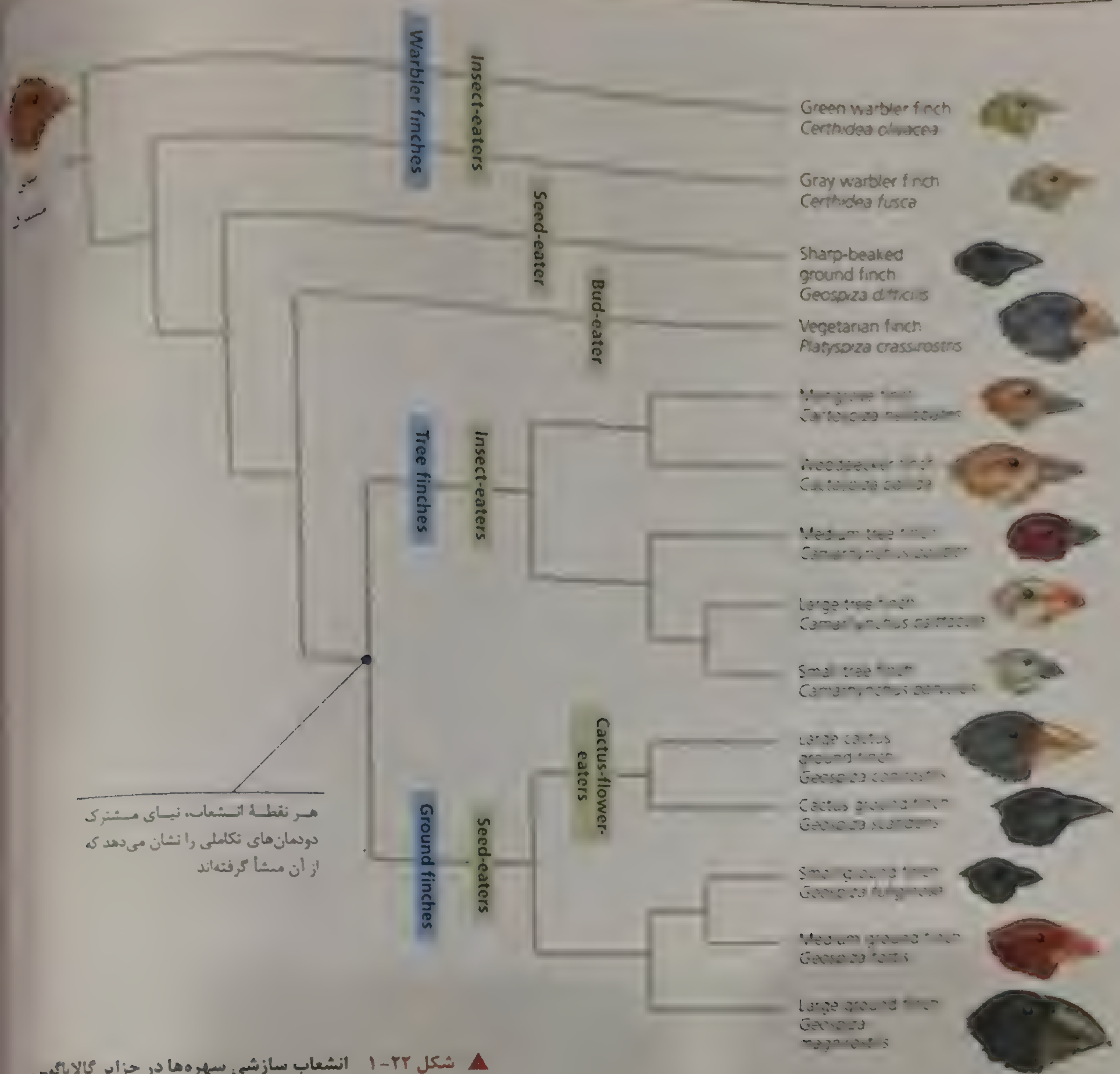
▲ **شکل ۲۱-۱** سازگاری تکاملی. حفاش‌ها (نمنا بستانداران دارای توانایی پرواز) دارای بال‌هایی هستند که از ایجاد پره سن انگستان دراز شده آنها تشکیل شده است. براساس دیدگاه داروین، چنین سازگاری‌هایی براساس انتخاب طبعی شکل گرفته است.

معمولاً، نام خود یک نام‌گذاری گویا بود که دوگانگی را نشان می‌داد. وحدت میان گونه‌هایی که از یک سرگ منشاء گرفته‌اند و گوناگونی هنگامی که آنها از نیای خود جدا شده‌اند. منتسب دوم داروین بیان مکانیسم ایجاد تفاوت‌ها بود؛ او این مکانیسم تکاملی را «انتخاب طبیعی» نامید.

از این نظریه انتخاب طبیعی خود را بر اساس مشاهداتی بیان داشت که به خودی خود، نه جدید بودند و نه بسیار ژرف. دیگران بر نکته‌های این پارل را در اختیار داشتند اما داروین توانست این نکته‌ها را کنار یکدیگر قرار دهد. او مشاهدات خود را از طبعیت بر مبنای هر یک از صفات افراد محیط در یک جمعیت با هم متفاوت هستند و به نظر وراثتی می‌رسند (از والدین به فرزندان می‌رسند). در جمعیت تعداد زاده‌هایی که متولد می‌شوند خیلی بیشتر از تعدادی است که به سن تولیدمثل می‌رسند. ازدیاد جمعیت پس از حد توان محیط، موجب ایجاد رقابت بین آنها می‌شود و در نهایت اینکه گونه‌ها با محیط اطراف‌شان تناسب دارند. برای مثال در جایی که دانه‌هایی با پوسته ضخیم یک منبع مناسب غذایی برای پرندگان باشد، این پرندگان دارای منقاری قدرتمند هستند.

داروین با استنتاج از این مشاهدات به نظریه تکامل خود رسید او توضیح داد افراد با صفات ارثی که با محیط خود تطابق بیشتری دارند نسبت به افرادی که انطباق کمتری دارند، با احتمال بیشتری به سن تولیدمثل می‌رسند. پس از گذشت نسل‌های متمادی، افرادی که صفات مفیدتری دارند سهم بیشتری از افراد جمعیت را تشکیل





### ▲ شکل ۲۲-۱ انشعاب سازشی سهره‌ها در جزایر گالاپاگوس

این درخت، تکامل سهره‌ها را در جزایر گالاپاگوس نشان می‌دهد به انواع منزه که با انواع مختلف منابع غذایی در جزایر متفاوت سازش یافته‌اند، توجه کنید.

### درخت حیات

نگاه دیگری به ساختار اسکلتی بال خفاش در شکل ۲۱-۱ باندازید. با آنکه این اندام‌های جلویی برای پرواز سازش پیدا کرده‌اند اما دارای همان استخوان‌ها، مفاصل، اعصاب و رگ‌های حیوانی هستند که در اندام‌های سایر موجودات مثل دست انسان، اندام جلویی اسب و باله‌وال یافت می‌شود. در حقیقت، اندام جلویی همانی پستانداران، حالات مختلفی از یک آناتومی خاص است. همانند آنچه در مورد گل‌های ارکیده در شکل ۱۹-۱ دیدید. این گونه مثال‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت در عین وحدت در حیات

است و تأییدی بر نظریه داروین می‌باشد. با این دیده، تشابه آناتومی اندام جلویی در پستانداران نشان‌دهنده به ارث رسیدن این اندام از یک نیای مشترک است - پستانداری که سایر پستانداران از آن مشتق شده‌اند. گوناگونی در اندام‌های جلویی پستانداران، حاصل تغییر توسط انتخاب طبیعی است که طی میلیون‌ها نسل در محیط‌های گوناگون رخ داده است. سنگواره‌ها و شواهد دیگر نیز از همین دیدگاه در مورد اشتقاق پستانداران از یک نیای مشترک دفاع می‌کنند. داروین پیشنهاد داد که انتخاب طبیعی با اثرات تدریجی خود در طول زمان می‌تواند موجب اشتقاق گونه‌ها از یک نیای مشترک



#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک

برای اولین بار

جلد اول بیولوژی عمومی کمپبل

« رایگان »

تهیه و تنظیم : لیپاز بوک

@lipasebook

@lipasebookbot

انحصاری لیپاز بوک

ما را در تلگرام با آیدی های بالا دنبال کنید .



## پرسش‌های مبحث ۱-۲

۱. تشابه بین آدرس پستی و سیستم طبقه‌بندی را با هم بیان کند.

۲. با توجه به اینکه انتخاب طبیعی بر روی گوناگونی قابل توارث جمعیت اثر دارد، بیان کنید که چرا «ویرایش» از «خلق کردن» بهتر است؟

۳. **چه می‌شد اگر؟** سه قلمرو که شما در مفهوم ۱-۲ با آنها آشنا شدید می‌تواند در درخت تباررایی به صورت سه انشعاب اصلی قرار بگیرند. در انشعاب یوکاریوت‌ها، انشعابات فرعی شامل فرمانروهای گیاهان، جانوران و قارچ‌ها وجود دارد. چه می‌شد اگر قارچ‌ها و جانوران بیشتر به هم نزدیک باشند تا هر کدام از این فرمانروها با فرمانروی گیاهان؟ (همان‌طور که شواهد اخیر بر آن تأکید دارد؟) یک درخت رسم کنید که ارتباط بین این سه فرمانروی یوکاریوتی را با یکدیگر نشان دهد.

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

### ۱-۳ در مطالعه طبیعت، دانشمندان به مشاهده می‌پردازند و سپس فرضیه‌هایی را ارائه کرده و آزمایش می‌کنند

کلمه Science (علم) از یک فعل لاتین به معنای «دانستن» گرفته شده است. تلاش ما برای فهمیدن، به نظر یکی از اساسی‌ترین نیازهای ما می‌باشد.

در بطن علم، پرسش‌گری نهفته است که در واقع همان جستار برای اطلاعات و توصیف سؤالات مشخص است. «پرسش‌گری» بود که داروین را برای یافتن چگونگی تطابق گونه‌ها با محیط پیرامونی خود رهنمون ساخت. و امروز پرسش‌گری و تلاش برای دانستن است که ما را به سمت تحلیل ژنوم و برای درک یکبارچگی و نیز تنوع در سطح مولکولی هدایت می‌کند. در واقع، ذهن پرسش‌گر نیروی محرکی است که تمام پیشرفت‌های دانش زیست‌شناسی را سبب می‌شود.

هیچ فرمول خاصی برای پرسش‌گری درست علمی وجود ندارد. همچنین هیچ روش علمی منفردی که در کتاب قواعد خاصی نگاشته شده باشد تا محققین به اجبار و دقیقاً از آن تبعیت کنند، وجود ندارد. مانند هر پرسش و تحقیقی، علم نیز شامل احرائی نظیر تلاش و درگیری، ماجراجویی، شانس و برنامه‌ریزی دقیق، دلیل آوردن و استدلال کردن، خلاقیت، همکاری، رقابت، بردساری، و نیز مقاومت در برابر دشواری‌ها می‌باشد. این اجزای متنوع پرسش‌گری، علم را، برخلاف آنچه اغلب مردم می‌انگارند، کمتر ساختارگرا و متحجر می‌کند. با این وجود، می‌توان برای جنبه‌هایی که ما را قادر

شود این مطلب می‌تواند زمانی رخ دهد که برای مثال یک جمعیت به چندین زیر جمعیت تقسیم شده و هر کدام در یک محیط متفاوت منزوی شوند. در این حالت جمعیت‌هایی که در محیط‌های متفاوتی قرار دارند می‌تواند پس از گذشت چندین نسل بر اثر انتخاب طبیعی به گونه‌های دیگری اشتقاق یابند.

درخت خانوادگی ۱۴ سهره را در شکل ۱-۲۲ مشاهده می‌کنید. این شکل مثالی معروف از اشتقاق گونه‌ها بر اساس سازش با محیط است. داروین گونه‌هایی از این پرندگان را در سال ۱۸۳۵ از جزایر گالاپاگوس واقع در ۹۰۰ کیلومتری سواحل آمریکای جنوبی در اقیانوس آرام جمع‌آوری کرد. این جزایر جوان آتشفشانی، رستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است که در هیچ جای دیگر از جهان یافت نمی‌شوند؛ اگرچه بیشتر جانداران جزایر گالاپاگوس بسیار شبیه گونه‌هایی هستند که در آمریکای جنوبی زیست می‌کنند. پس از آنکه میلیون‌ها سال پیش فعالیت‌های آتشفشانی جزایر گالاپاگوس را ایجاد کرد، احتمالاً سهره‌ها در جزایر متفاوت، از یک گونه سهره نیایی، تنوع یافتند.

سال‌ها پس از جمع‌آوری سهره‌های گالاپاگوس توسط داروین، دانشمندان شروع به دسته‌بندی و یافتن خویشاوندی میان سهره‌ها کردند. آنها ابتدا این کار را بر اساس داده‌های آناتومی و جغرافیایی انجام دادند اما اخیراً از توالی نوکلئوتیدهای DNA برای مقایسه استفاده می‌کنند.

ترسیم زیست‌شناسان از روابط تکاملی و خویشاوندی سهره‌ها، ظاهری مثل یک درخت دارد. همان‌گونه که هر شخصی دارای شجره‌نامه‌ای است که می‌توان آن را همانند یک درخت ترسیم کرد، هر گونه‌ای از جانداران شاخه کوچکی از درخت حیات است که از طریق گونه‌های نیایی به زمان‌های بسیار گذشته باز می‌گردد. گونه‌هایی که خیلی شبیه هم هستند همانند سهره‌های گالاپاگوس، دارای نیای مشترکی هستند که در گذشته نزدیک‌تری از آن جدا شده‌اند. اما با در نظر گرفتن نیای مشترکی که در گذشته دورتری قرار دارد سهره‌ها با گنجشک‌ها، کلاغ‌ها، پنگوئن‌ها و سایر پرندگان ارتباط دارند و حتی در زمانی گذشته‌تر، پرندگان، پستانداران و تمامی مهره‌داران دارای یک نیای مشترک هستند. اگر به اندازه کافی به گذشته حیات برگردیم تنها سنگواره‌هایی از پروکاریوت‌های اولیه خواهیم یافت که حدود ۳/۵ میلیارد سال پیش بر روی زمین زندگی می‌کردند. ما می‌توانیم ردپای آنها را در سلول‌های خود ببابیم - مانند رمزهای یکسان ژنتیک. تمامی جانداران از طریق ناریخچه طولانی تکامل با هم مرتبط هستند.



می‌سازد تا میان علم و دیگر روش‌های توصیف و تبیین طبیعت، تفاوت قائل شد، ویژگی‌های خاصی را بر شمرد.

زیست‌شناسان دو روش اصلی پرسش‌گری علمی را مورد استفاده قرار می‌دهند: علم اکتشافی و علم مبتنی بر فرضیات. علم اکتشافی بیشتر در مورد توصیف طبیعت عمل می‌کند. حال آنکه علم مبتنی بر فرضیات بیشتر پیرامون تبیین طبیعت بحث می‌کند. بیشتر روش‌های علمی موجود، این دو روش تحقیق را ترکیب می‌کنند.

### انجام مشاهدات

دانشمندان در تحقیقات خود از طریق مشاهده دقیق و بررسی داده‌ها ساختارها و فرایندهای طبیعی را تا حد امکان با دقت توصیف می‌کنند. اغلب این مشاهدات در نوع خودشان با ارزش هستند. به عنوان مثال یک سری مشاهدات مفصل، دانش ما از ساختار سلولی را پدید آورده است. و یکسری مشاهدات دیگر پایگاه‌های اطلاعاتی ما از ژنوم گونه‌های مختلف را گسترش داده است.

### انواع داده‌ها

مشاهده، استفاده از حواس برای جمع‌آوری اطلاعات است. حواس ما نیز به صورت مستقیم یا غیرمستقیم توسط ابزاری که توانایی‌ها را بالاتر می‌برند (نظیر میکروسکوپ) قوی‌تر شده است.



▲ شکل ۱-۲۳ جین گودال در حال جمع‌آوری داده‌های کیفی از رفتار شامپانزه‌ها. گودال مشاهدات خود را در دفاتری که اغلب طرح‌هایی نیز از رفتار حیوان در آن کشیده شده بود، ثبت می‌کرد.

داده‌ها، همان مشاهدات ثبت شده می‌باشند. از نظر دیگر، داده‌ها همان اجزایی از اطلاعات هستند که پرسش‌گری علمی بر مبنای آنها انجام می‌گیرد.

کلمه «داده» برای بیشتر مردم در حکم اعداد است. اما برخی از داده‌ها کیفی هستند که معمولاً به صورت توصیف‌های ثبت‌شده، استفاده می‌شوند، نه اعداد. برای مثال، جین گودال چند دهه از عمر خود را صرف ثبت رفتارهای شامپانزه در جنگل‌های گامبیا کرد (شکل ۱-۲۳). وی همچنین مستندات خود را با فیلم و تصویر نیز ثبت کرد. در کنار این داده‌های کیفی، گودال، همچنین بستر و زمینه علمی رفتارشناسی جانوران را با چندین جلد از داده‌های کمی که عموماً به کمک اندازه‌گیری به دست آمده بودند، غنی‌تر کرد. نگاهی سطحی در هر مجله علمی حاکی از آن است که داده‌های کمی عموماً در جداول و تصاویر جا داده شده‌اند.

### استدلال استقرایی

علوم اکتشافی می‌توانند براساس نوعی از منطق به نام منطق استقرایی به نتایج حائز اهمیتی دست یابند. در استنتاج، از تعمیم دادن تعداد زیادی از مشاهدات استفاده می‌شود. اینکه «خورشید همیشه از مشرق طلوع می‌کند»، مثالی در این رابطه است. مثال دیگر آن است که «تمام موجودات زنده از سلول ساخته شده‌اند». تعمیم جمله اخیر به تمام موجودات که جزئی از نظریه سلولی است، بر مبنای اینکه حدود دو سده، دانشمندان سلول‌ها را در گونه‌های متفاوتی توسط میکروسکوپ یافته بودند، به وجود آمده است. مشاهدات دقیق و تحلیل اطلاعات در علوم اکتشافی، به همراه تعمیم‌های به دست آمده توسط استنتاج، جنبه‌های اساسی برای درک ما از طبیعت می‌باشند.

### شکل‌گیری و آزمایش فرضیه‌ها

مشاهدات و نتیجه‌گیری‌های علوم اکتشافی، ما را راغب می‌کند تا دلایل مشاهدات خود را جستجو کنیم. چه چیزی باعث ایجاد تنوع در سهره‌های جزایر گالاپاگوس شده است؟ چه چیزی باعث می‌شود تا ریشه رو به پایین رشد کند، حال آنکه ساقه رو به بالا رشد می‌کند؟ چه چیزی باعث تعمیم‌پذیری مشاهده طلوع خورشید از سمت مشرق می‌شود؟ در علم، این قبیل پرسش‌ها با ارائه فرضیات قابل آزمایش پاسخ داده می‌شود.



### نقش فرضیه‌ها در پرسشگری علمی

در علم، یک فرضیه<sup>۱</sup>، در واقع پاسخ تجربی و برخاسته از آزمون به یک سؤال با قالب مشخص است. فرضیه عموماً یک حدس هوسمدانه و علمی بر مبنای تجربه و داده‌های حاصل از علوم اکتسابی می‌باشد. یک فرضیه علمی منجر به آزمون مشاهدات اصلی و یا انجام آزمایش‌های دیگر خواهد شد.



▲ شکل ۱-۲۴ مثالی از پرسش مبتنی بر فرضیه.

همه ما از فرضیات برای پاسخ‌دهی به سؤالات روزمره خود استفاده می‌کنیم. برای مثال هنگامی که چراغ‌قوه شما در پیک‌نیک کار نکند، یک مشاهده توسط شما صورت گرفته است. سؤال این است که چرا چراغ‌قوه من کار نمی‌کند؟ دو فرضیه منطقی بر مبنای مشاهدات قبلی شما عبارتند از (۱) تمام شدن باتری چراغ‌قوه و (۲) سوختن لامپ. هر کدام از این فرضیات، جایگزین پیش‌بینی‌هایی است که شما می‌توانید آن را مورد آزمایش قرار دهید. برای مثال فرضیه تمام شدن باتری می‌تواند با تعویض باتری‌ها مورد آزمون قرار گیرد. شکل ۱-۲۴، این پرسش علمی پیک‌نیک را به تصویر می‌کشد؛ البته ما به ندرت روندهای ذهنی خود را به هنگام حل مسئله با فرضیات، حدس‌ها، و آزمون‌ها، به این صورتی که شرح داده شد، کالبدشکافی می‌کنیم. اما علم مبتنی بر فرضیه، به وضوح ریشه در تمایل انسان به حل مسائل توسط آزمون و خطا دارد.

### استدلال قیاسی و آزمایش فرضیه

نوعی از منطق به نام نتیجه‌گیری (استنتاج) در علم مبتنی بر فرضیات نهفته است. توجه داشته باشید که قیاس و استقرا (induction)، با استنتاج (deduction) متفاوت است (هر چند در فارسی گاهی این دو لغت به جای هم به کار می‌روند - مترجم). استنتاج در واقع دلیل آوردن از تعدادی مشاهده مشخص برای رسیدن به یک نتیجه کلی و عمومی است. در استدلال قیاسی، منطق، در سوی مخالف حرکت می‌کند، یعنی از کل به جزء می‌رسد. در واقع از بدیهیات و فرضیات اثبات شده که باید صحت آنها برای ما مسلم باشند، به سوی مفاهیم جزئی‌تر و اختصاصی حرکت می‌کنیم. اگر تمام موجودات زنده از سلول ساخته شده باشند (فرض اول)، و انسان‌ها نیز موجود زنده باشند (فرض دوم)، پس انسان‌ها از سلول ساخته شده‌اند (پیش‌بینی استنتاجی در رابطه با یک موضوع خاص).

در علوم مبتنی بر فرضیات، نتیجه‌گیری‌ها صورت و پیکربندی پیش‌بینی‌های نتایج مبتنی بر تجربه و یا مشاهدات که در صورت صحت فرض اولیه به دست می‌آیند را تشکیل می‌دهند. سپس ما برای فهم اینکه آیا نتایج همانی است که پیش‌بینی کرده‌ایم یا خیر، فرضیه خود را مورد آزمایش قرار می‌دهیم. این نوع منطق استنتاجی، منطق «اگر ... آنگاه ...» را می‌سازد. در مورد مثال چراغ‌قوه: اگر فرضیه تمام شدن باتری صحیح باشد، و شما باتری‌ها را با باتری‌های سالم عوض کنید، آنگاه چراغ‌قوه بایستی روشن شود. پرسش چراغ‌قوه نشان می‌دهد که نکته کلیدی دیگری نیز در علوم مبتنی بر فرضیه وجود دارد. این نکته آن است که می‌توان یک



### انعطاف‌پذیری روش علمی

مثال چراغ قوه در شکل ۱-۲۴ به نوعی روش علمی را به تصویر می‌کشد. می‌توان دریافت که اجزای این فرایند در قالب مقالات پژوهشی چاپ شده توسط دانشمندان وجود دارد اما نسبتاً به صورت یک ساختار مشخص قابل رهگیری است. تنها تعداد انگشت‌شماری از دانشمندان هستند که بسیار سخت‌گیر و دقیق. تمامی قدم‌های روش علمی را یک به یک دنبال می‌کنند. برای مثال، دانشمندی که می‌خواهد آزمایشی را طراحی کند ممکن است دریابد که باید دست نگاه دارد و هنوز اطلاعات و مشاهدات بیشتری به دست آورد. در موارد دیگر، مشاهدات بی‌نظم نمی‌تواند به سادگی یک سؤال خوب را موجب شود و شاید نیاز باشد تا تحقیق‌های دیگری در آن زمینه انجام شود. برای مثال، داروین نمونه‌هایی از سهره‌های جزایر گالاپاگوس را جمع‌آوری کرد، اما سالیان زیادی به طول انجامید تا نظریه تکامل و انتخاب طبیعی شکل گیرد که با آن زیست‌شناسان سؤالات کلیدی درباره تاریخچه سهره‌های گالاپاگوس را آغاز کنند.

علاوه بر این‌ها، دانشمندان گاهی لازم است تا مسیر تحقیق خود را تغییر دهند چرا که ممکن است دریابند که سؤال اشتباهی را اساس تحقیق خود قرار داده‌اند. برای مثال در اوایل قرن بیستم میلادی اغلب تحقیقات در زمینه اسکیزوفرنی و بیماری افسردگی - جنون مانیا که امروزه اختلال دوقطبی نامیده می‌شود - با تمرکز روی اینکه چگونه ممکن است تجربیات زندگی باعث این بیماری‌ها شود، از مسیر اصلی منحرف شده بود. تحقیق در زمینه این بیماری‌ها زمانی به بار نشست که نقطه تمرکز محققین به سمت اینکه چگونه عدم تعادل‌های شیمیایی خاص در مغز باعث این بیماری‌های روانی می‌شوند، تغییر کرد. باید اذعان داشت که توجه به مسیر طی‌شده تاریخی در مورد سؤالات خاص است که باعث تغییر و تصحیح کارهای قبلی می‌شود و لذا عبور از مسیر طی شده ناگزیر و اجتناب‌ناپذیر است.

هنوز دلیل دیگری نیز برای اینکه عدم پیروی دقیق و قدم به قدم از روش‌های علمی کاملاً غلط نیست وجود دارد: آن هم اینکه علم اکتشافی بدون تبعیت از مسیر علمی مشخص، در شکل دادن بخش عمده‌ای از دانش فعلی بشر نقش داشته است.

اینکه شما تجربیاتی توسط درک مستقیم قدرت روش علمی داشته باشید حائز اهمیت است. برای مثال می‌توانید با استفاده از امکانات آزمایشگاهی در درس زیست‌شناسی مدرسه، چند سؤال طراحی کنید و با روش علمی به آنها پاسخ دهید. همچنین لازم است تا از تکرار کلیشه‌ای و قدم به قدم روش علمی نیز اجتناب کنید.

و یا چند فرضیه جایگزین دیگر را نیز مطرح کرد که این فرضیات با آزمون‌های طراحی شده رد می‌شوند. علاوه بر دو فرضیه‌ای که در شکل ۱-۲۴ مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، یکی دیگر از چندین فرضیه محتمل آن است که هم باتری و هم لامپ چراغ قوه با هم خراب باشند. این فرضیه چه چیزی را درباره نتیجه آزمون شکل ۱-۲۴ پیش‌بینی می‌کند؟ چه آزمون دیگری را برای این فرضیه جدید پیشنهاد می‌کنید؟

از دل مثال چراغ قوه می‌توان نکته جدید دیگری را نیز فراگرفت. هر چند که لامپ سوخته به نظر محتمل‌ترین توضیح می‌رسد؛ توجه داشته باشید که آزمایش ما نه از طریق تأیید این فرضیه، بلکه از طریق عدم رد شدن آن است که فرضیه را اثبات می‌کند. ممکن است لامپ تنها کمی شل شده باشد و لامپ جدید، درست و صحیح سفت شود. ما می‌توانیم فرضیه لامپ سوخته را با آزمایش دیگری رد کنیم: خارج کردن لامپ و سپس نصب مجدد و صحیح آن. اما هیچ تعدادی از آزمایش فرضیه‌ها نخواهد توانست فراتر از سایه شک و تردید فرضیه‌ها را اثبات کند، چرا که نمی‌توان همه فرضیه‌های جایگزین را مورد آزمایش قرار داد. اعتبار یک فرضیه هنگامی بیشتر می‌شود که از رد شدن بگریزد و در عین حال فرضیه‌های جایگزین نیز باطل و رد شوند.

### سؤالاتی که می‌توان از طریق علم به آنها پاسخ داد و سؤالاتی که نمی‌توان به روش علمی پاسخ داد

تحقیق علمی روش قدرتمندی برای شناختن طبیعت است، اما سؤالاتی که علم می‌تواند به آنها پاسخ دهد محدودیت دارند. نخست، یک فرضیه علمی بایستی قابل آزمون باشد؛ بایستی روش‌هایی برای محک اعتبار آن عقیده وجود داشته باشد. دوم اینکه یک فرضیه بایستی قابل تکذیب باشد؛ بایستی مشاهدات یا آزمایشاتی وجود داشته باشند که بتوانند عدم صحت یک نظریه را اثبات کنند. این فرضیه که تمام شدن باتری‌ها تنها دلیل کار نکردن چراغ قوه هستند با جایگزینی باتری‌های کهنه با باتری‌های جدید و مشاهده اینکه چراغ قوه هنوز کار نمی‌کند، تکذیب می‌شود. تمامی فرضیه‌ها با اطلاعات علمی سازگار نیستند، شما قادر نیستید آزمایشی برای تکذیب این فرضیه طرح کنید که ارواح نامرئی اردوگاه با چراغ قوه شما دست انداخته می‌شوند! زیرا علم برای رویدادهای طبیعی نیاز به توضیحات طبیعی دارد، علم نمی‌تواند فرضیاتی را تأیید کند یا تکذیب کند که فرشتگان، اشباح، یا ارواح خیر یا شر، باعث طوفان‌ها، رنگین کمان‌ها، بیماری‌ها، و درمان‌ها می‌شوند. این تعبیرهای مافوق طبیعی از آنجایی که موضوعات مذهبی بوده و مسائل مربوط به اعتقادات شخصی هستند خارج از محدوده علم می‌باشند.



شاه مار مخملی (عبر سمی)



کلند

پایه شاه مار مخملی

سویچی همدسال سیاه مار مخملی و مار صدفی شرقی



مار صدفی شرقی (سمی)



شاه مار مخملی (عبر سمی)

▲ شکل ۱-۲۵ مناطق جغرافیایی توزیع مارهای سمی و مقلدین آنها شاه مارهای مخملی (*Lampropeltis triangulum*)، رنگ آمیزی هشدار دهنده مارهای سمی صدفی شرقی (*Micrurus fluvius*) را تقلید می کنند.

تقلید، تنها به حفاظت مارهای مخملی در مناطقی که در آنجا مار صدفی نیز وجود دارد، کمک کند. فرضیه تقلید پیش بینی می کند که شکارچیان که با رنگ آمیزی هشدار دهنده مارهای صدفی سازش یافته اند، به میزان کمتری به مارهای مخملی (در مقایسه با مناطقی که در آنها مار صدفی وجود ندارند)، حمله ور می شوند.

### آزمایش های میدانی با مارهای مصنوعی

برای آزمودن پیش بینی، هارکومب به وسیله سیم و پلاستیک صدها مار مصنوعی درست کرد. وی مارهای مصنوعی را به دو شکل گروه آزمون با الگوی حلقه های قرمز، سیاه و سفید به عنوان مشابهی برای شاه مارها، و گروه شاهد با رنگ قهوه ای برای مقایسه، درآورد (شکل ۱-۲۶).

محققین به تعداد برابر از دو گروه مارهای مصنوعی را در میادین آزمایش در کارولینای شمالی و جنوبی و همچنین منطقه ای که فاقد مارهای صدفی بود قرار دادند. پس از چهار هفته، دانشمندان مارهای مجازی را جمع آوری کردند تا ببینند چه تعداد از آنها مورد حمله قرار گرفته اند. آنها حمله احتمالی به مارهای مجازی را با

مثالی از پرسش گری علمی: بررسی تقلید در جمعیت مارها  
حال که مطالب کلیدی علم اکتشافی (توصیفی) و علم مبتنی بر فرضیه را آموختیم، باید قادر باشید تا این اشکال از علوم را در یک مثال تحقیق واقعی تمیز دهید.

داستان ما یک سری از مشاهدات و نهایتاً تعمیم دادن علوم توصیفی آغاز می شود. بسیاری از حیوانات سمی رنگ درخشان دارند، که اغلب توسط نقوشی که در تضاد با رنگ پس زمینه است فروش شده است. این طرح، به رنگ آمیزی هشدار دهنده موسوم است چرا که شکارچیان مارها را می ترساند و پیام خطر را به آنها القا می کند اما در این بین، تقلید کارانی نیز وجود دارند. این دغل کاران مانند مارهای سمی به نظر می رسند اما در حقیقت بی خطر هستند. سؤال برخاسته از این مشاهدات آن است که فایده این تقلید چیست؟ یک فرضیه قابل دفاع آن است که این «فریب» یک سازش تکاملی است که خطر صید شدن موجود توسط شکارچیان را کاهش می دهد این فرضیه نخستین بار توسط هنری بیتز (Hen) انگلیسی در سال ۱۸۶۲ پیشنهاد شد.

همان طور که در مورد این فرضیه به وضوح دیده می شود، بسیار مشکل است که این فرضیه توسط آزمایش های میدانی (در محل زندگی مار) بررسی شود. اما در سال ۲۰۰۱، دو زیست شناس به نام های دیوید و کارین فنیگ از دانشگاه کارولینای شمالی، به همراه ویلیام هارکومب که یک دانش آموز بود، برای آزمودن فرضیه تقلید بیتز یک آزمون میدانی ساده اما زیبا طراحی کردند. این تیم، موردی از تقلید در مارهای ساکن کارولینای شمالی و جنوبی را بررسی کردند (شکل ۱-۲۵). یک مار سمی به نام مار صدفی شرقی، رنگ آمیزی هشدار دهنده داشت؛ حلقه های قطور قرمز، زرد (یا سفید) و سیاه که به ترتیب قرار گرفته اند. شکارچی های مارها به بدرت به این نوع از مارها حمله ور می شوند. احتمال کمی دارد که شکارچی ها توسط آزمون و خطا این را یاد گرفته باشند، چرا که اولین حمله آخرین حمله خواهد بود. در مناطقی که مارهای صدفی زندگی می کنند، انتخاب طبیعی به وضوح شکارچیان را انتخاب کرده است که به صورت ارثی و غریزی از مارهای صدفی اجتناب می کنند. یک مار غیرسمی به نام شاه مار مخملی، الگوی حلقه مار صدفی را تقلید می کند.

هر دو مار در کارولینا زندگی می کنند، اما حوزه جغرافیایی شاه مارهای مخملی به مناطقی که هیچ مار صدفی در آنجا وجود ندارد نیز می رسد (شکل ۱-۲۵). توزیع جغرافیایی مارها امکان آزمودن پیش بینی فرضیه تقلید را فراهم کرده است. اجتناب کردن از رنگ آمیزی هشدار دهنده، سازشی است که انتظار داریم تنها در شکارچیان دیده شود که در مناطقی که مارهای صدفی سمی در آنجا وجود دارند، تکامل یافته باشند. لذا پیش بینی آن است که



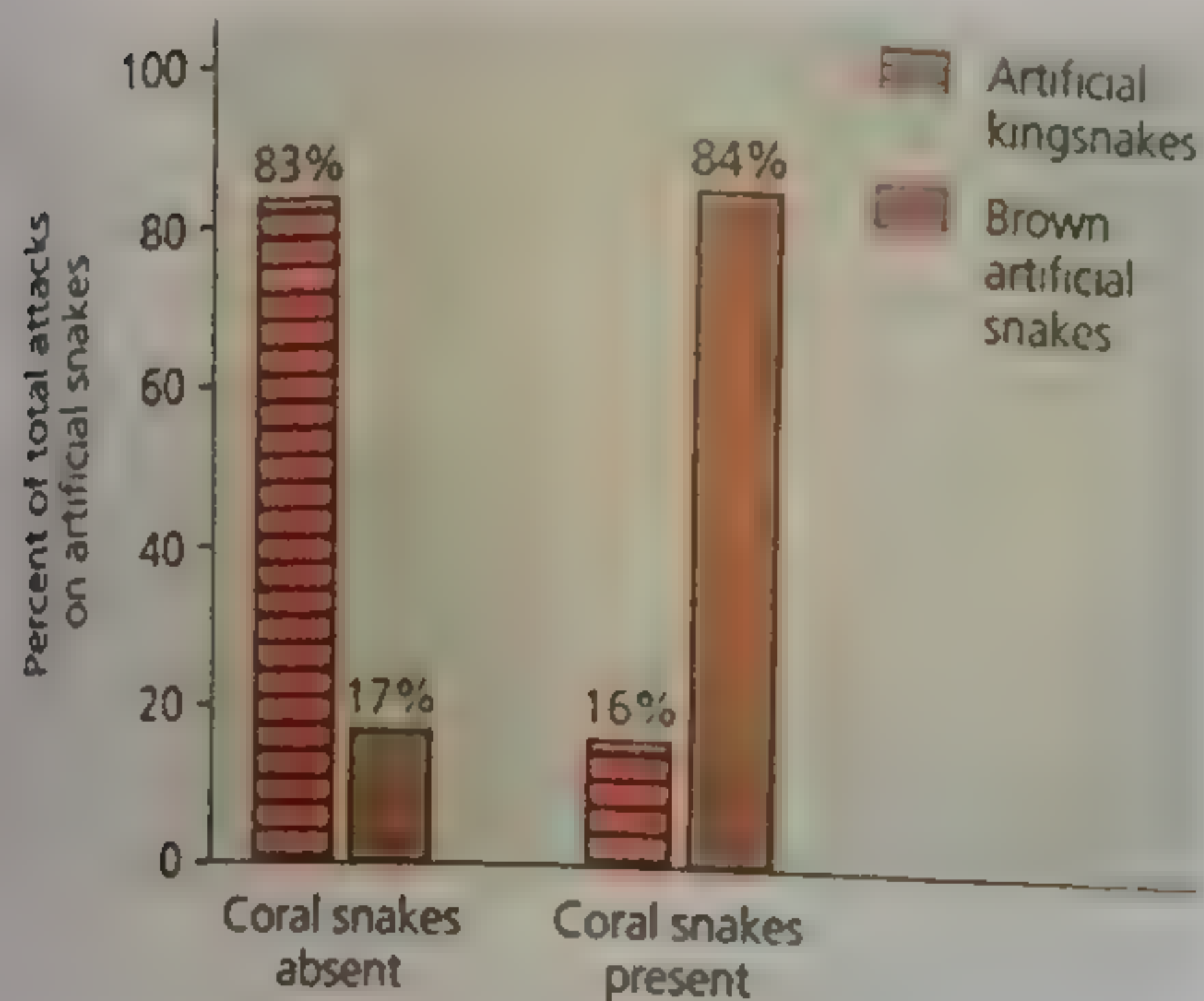
## پژوهش

شکل ۱-۲۷

آیا وجود مارهای صدفی سمی میزان حمله به مقلدان آنها (یعنی شاه مارها) را تغییر می دهد؟

آرمایش دیوید فلیگ (David Pfennig) و همکاران وی نشان دادند که مارهای مصنوعی ساختند شاه مارها تنها در مناطق حضور مارهای صدفی، تقلید رنگ آمیزی هشداردهنده سود می برد. محققان تعداد بررسی از شاه مارهای مصنوعی (گروه آرمون) و مارهای مصنوعی قهوه ای (گروه شاهد) را در ۱۴ منطقه متفاوت قرار دادند، به طوری که سمی از مارها در مناطق حضور همزمان هر دو مار و سمی دیگر در مناطقی که مارهای صدفی حضور نداشتند، توزیع شدند. محققین پس از چهار هفته، مارهای مصنوعی را جمع آوری کردند و اطلاعات مربوط به حمله به مارهای مصنوعی را از روی قرائن و شواهد چنگال یا گازگرفتگی ثبت کردند.

نتایج در مناطق دارای مارهای صدفی، بیشتر حمله ها به مارهای قهوه ای محدود شده بود. در جاهایی که مارهای صدفی حضور نداشتند، بیشتر حمله ها به شاه مارهای مصنوعی صورت گرفت.



نتیجه گیری آرمایش ها از این فرضیه حمایت می کند که تقلید از مارهای صدفی تنها زمانی که مارهای صدفی حضور دارند مؤثر است. این آرمایش ها همچنین فرضیه دیگری را نیز امتحان کردند: که شکارچیان به طور کلی از مارهایی که روی بدن خود حلقه های روشنی دارند دوری می کنند. این فرضیه با توجه به اطلاعات حاصل از آرمایشی که مارهای مصنوعی دارای حلقه های روشنی در عدم حضور مارهای صدفی شکارچیان را جذب نمی کردند رد شد. (شاه مارهای مصنوعی در آن نواحی بیشتر مورد حمله قرار می گرفتند زیرا که زمینه روشن آنها موجب دسترسی بیشتر آنها بست به مارهای مصنوعی قهوه ای می شد).

منبع:

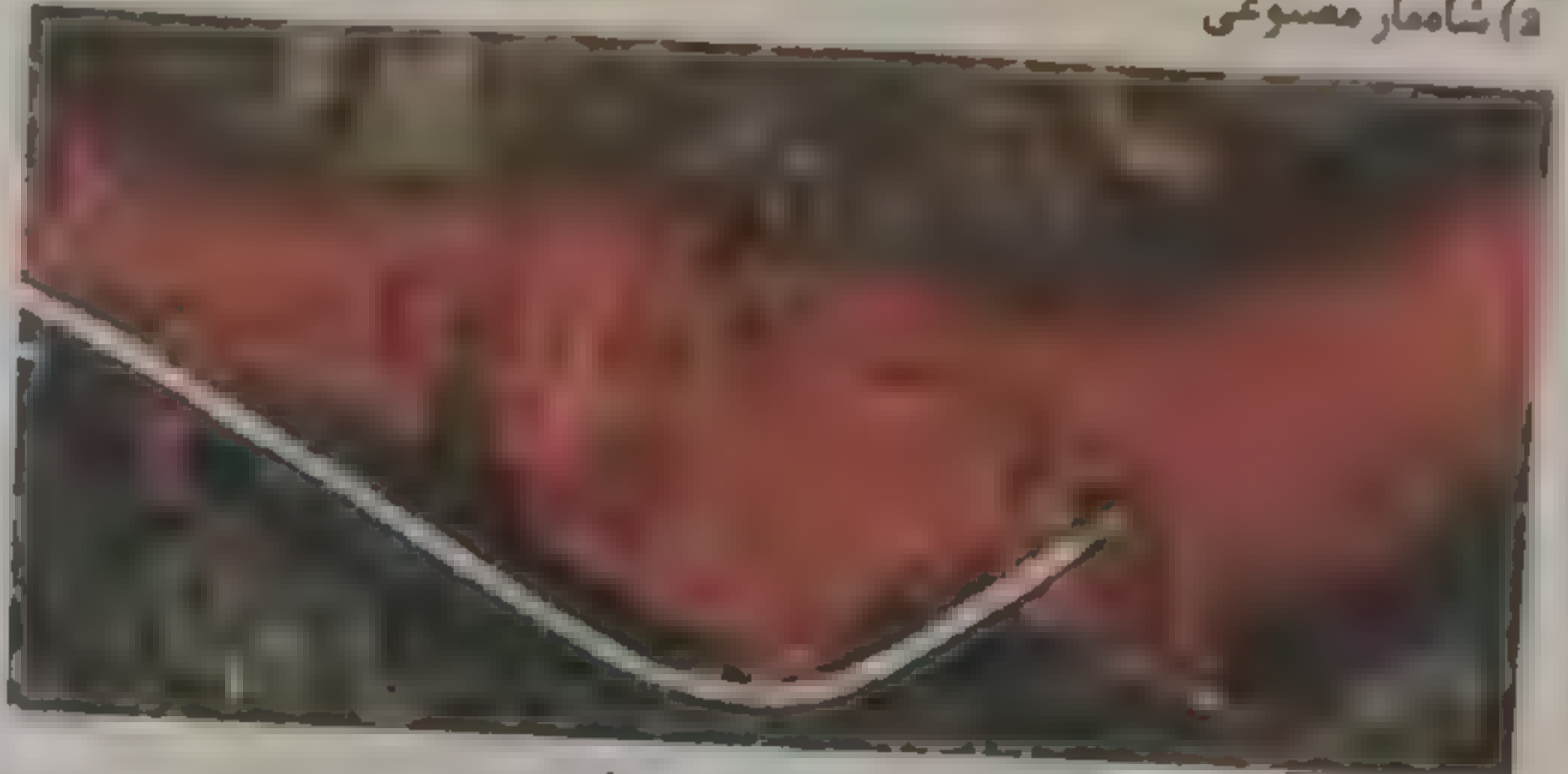
D. W. Pfennig, W. R. Harcombe, and K. S. Pfennig, Frequency-dependent Batesian mimicry, *Nature* 410:323 (2001).

خودتان جستجو کنید: مقاله اصلی را بخوانید و تحلیل کنید

چه می شد اگر؟ اگر شکارچیان کارولینا به سمت هیچ یک از مارهایی که حلقه های روشن دارند، نمی رفتند چه نتیجه ای می گرفتند؟



(a) شاه مار مصنوعی



(b) مار قهوه ای مصنوعی که مورد حمله واقع شده است.

شکل ۱-۲۶ مارهای مصنوعی که در آزمایش های میدانی برای بررسی فرضیه تقلیدکاری مورد استفاده قرار گرفته اند. یک حرس، مار قهوه ای مصنوعی در شکل (b) را حویله است.

دیدن محل های گازگرفتگی و چنگ افتادن روی بدنه مارها بررسی کردند. بیشترین شکارچیان روباه ها، گرگ های صحرایی، و راکون ها بودند. هر چند برخی از خرس های سیاه نیز به مارهای سمی حمله کرده بودند (شکل ۱-۲۶b را ملاحظه کنید).

اطلاعات به دست آمده با پیش بینی اصلی فرضیه تقلیدکاری جور درمی آمد. مارهای حلقوی مجازی، در مقایسه با مارهای قهوه ای محاری، تنها در مناطقی که در حوزه جغرافیایی مارهای سمی صدفی بود، کمتر مورد حمله شکارچیان قرار گرفتند. شکل ۱-۲۷ آزمون های میدانی (در محل زندگی طبیعی حیوان) انجام گرفته توسط محققین را نشان می دهد. به علاوه این شکل، ساختاری را که در ادامه این کتاب برای مثال های دیگر پرسشگری علمی در زیست شناسی مورد استفاده قرار می دهد، مشخص می کند.

### کنترل های آزمایشگاهی و تکرارپذیری

آزمایش تقلید مارها مثالی از آزمایش کنترل شده است که برای مقایسه گروه آزمون (در این مورد، شاه مارهای مصنوعی) با گروه شاهد (مارهای مجازی قهوه ای) طراحی شده است. در بهترین حالت بایستی که گروه آزمون و شاهد تنها در یک عامل با یکدیگر متفاوت باشند. برای مثال در آزمایش تقلید مارها، تنها تأثیر رنگ آمیزی مارها روی رفتار شکارچی ها مورد بررسی قرار گرفت.



نخست، اینکه دامنه یک نظریه<sup>۱</sup> علمی بسیار وسیع‌تر از فرضیه است. برای مثال این یک فرضیه است: «تقلید رنگ از مارهای سمی نوعی سازش است که مارهای غیرسمی را در مقابل صیادان حفظ می‌کند»؛ اما این یک نظریه است: «سازگاری‌های تکاملی حاصل انتخاب طبیعی هستند». نظریه انتخاب طبیعی داروین، دلیل این گوناگونی وسیع در سازش‌ها است که این خود شامل موضوع تقلید نیز می‌شود.

دوم اینکه، یک نظریه آن قدر عمومیت دارد که بتوان بسیاری از فرضیه‌های جدید را با آن محک زد. برای مثال دو تن از محققین دانشگاه پرینستون، پیترو و رزماری گرانث، بر آن شدند تا با استفاده از نظریه انتخاب طبیعی، این فرضیه را که منقار سهره‌های جزایر گالاپاگوس به علت غذاهای در دسترس‌شان تغییر کرده‌اند را محک بزنند.

سوم اینکه، در مقایسه با فرضیه، مدارک بسیار زیادتری از نظریه حمایت می‌کنند. آن دسته از نظریه‌هایی که در دامنه وسیعی از علم پذیرفته می‌شوند (مثل نظریه انتخاب طبیعی) به وسیله مشاهدات بسیار گسترده و مدارک بسیار زیاد تأیید شده‌اند. در واقع موشکافی در نظریه‌ها تا زمانی که فرضیه‌های مربوط به آنها را محک می‌زنیم، ادامه دارند.

با وجود اینکه مدارک بسیار زیادی از یک نظریه خاص دفاع می‌کنند اما گاهی اوقات دانشمندان باید پس از حصول نتایجی که آن نظریه را رد می‌کنند در مورد آن نظریه تجدید نظر کرده یا حتی آن را باطل کنند. برای مثال نظریه وجود پنج فرمانرو در قلمرو زیستی از زمانی که فناوری‌های جدید برای مقایسه سلولی و مولکولی، امکان مقایسه برای برخی از فرضیه‌های وجود ارتباط بین برخی از گونه‌ها را فراهم ساخت، شروع به انقضا کرد. اگر «حقیقتی» در علم وجود دارد امری نسبی است و عملاً براساس مدارک و شواهدی است که تا آن زمان وجود دارند.

بدون وجود گروه شاهد (کنترل)، محققین قادر نبودند تا عوامل دیگری مانند تعداد متفاوت شکارچی‌ها و یا تفاوت دما در دو منطقه که ممکن بود بالقوه باعث افزایش حمله شکارچی‌ها شود را رد کنند. مزاحی هوشمندانه آزمایش باعث شد تا یگانه علت حمله کمتر شکارچی‌ها به شاه‌مارهای مصنوعی در محدوده مارهای صدفی، تفاوت رنگ‌آمیزی میان دو گروه آزمایش باشد این تعداد مضحک حملات به شاه‌مارهای مصنوعی نبود که شمارش شد، بلکه تفاوت میان تعداد حملات به شاه‌مارها در مقایسه با حملات به مارهای قهوه‌ای حائر اهمیت بود.

یک اشتباه رایج در رابطه با معای آزمایش کنترل‌شده آن است که تصور می‌شود دانشمندان، محیط را برای ثابت نگه داشتن همه چیز، به استثنای متغیر مورد آزمایش، ثابت نگاه می‌دارند. اما این تصور در آزمایش‌های میدانی و حتی در شرایط بسیار کنترل‌شده آزمایشگاهی تقریباً غیرممکن است محققین معمولاً متغیرهای ناخواسته را از طریق حثی کردن و باطل کردن اثرات آنها توسط گروه شاهد، و به از طریق حذف کردن آنها، تحت کنترل و نظارت خود درمی‌آورند.

ویژگی دیگر علم این است که مشاهدات و نتایج تجربی باستانی تکرار پذیر باشند. مشاهداتی که قابل اثبات نیستند ممکن است حالت با حتی سرگرم کننده باشند، اما نمی‌توانند به عنوان مدارکی علمی به حساب آیند. عناوین روزنامه‌های دارای اخبار خلاصه در سوبر مارکت‌ها، شما را به این باور می‌رسانند که انسان‌ها گاهی با سر سگ بدبیا می‌آیند و اینکه برخی از هم‌کلاسی‌های شما ماورای رسمی هستند. شاهد‌های کاذب آورده می‌شوند و عکس‌های مصنوعی کامپیوتری سرگرم کننده هستند اما متقاعد کننده نیستند در علم مدارکی که از مشاهدات و تجربیات به دست می‌آیند تنها در صورتی متقاعد کننده هستند که قابل تکرار باشند. اطلاعاتی که دانشمندان از تحقیق بر روی تقلید مارها در کارولینا به دست آوردند، مساله اطلاعاتی بود که از تحقیق بر روی گونه‌های مختلف مارهای صدفی و شاه مارها در آریزونا به دست آوردند. شما نیز اگر حواسند این آزمایش‌ها را تکرار کنید باید بتوانید نتایج مشابهی به دست آورید.

### نظریه‌ها در علم

«این فقط یک نظریه است!!» استفاده روزمره‌ای که ما از لغت نظریه می‌کنیم گاهی در مورد مطالبی است که ثابت نشده‌اند. اما معنای این لغت در علم چیز دیگریست. نظریه علمی چیست و فرق آن با فرضیه و حدس کدام است؟

### پرسش‌های بحث ۱-۳

۱. فرق استدلال استقرایی با استدلال قیاسی را بیان کنید

۲. در آزمون تقلید مارها، عامل منفر چیست؟

۳. چرا انتخاب طبیعی یک نظریه محسوب می‌شود؟

۴. فرض کنید شما آزمایش تقلید مارها را به ناحیه‌ای

از ویرجینیا سط داده‌اید که هیچ یک از مارهای ذکر شده در اینجا زندگی

نمی‌کند در این محدوده چه نتایجی را پیش‌بینی می‌کنید

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به صفحه A مراجعه کنید.



## ۴-۱ علم از رویکردی تعاونی و نقطه نظراتی گوناگون

### بهره می‌برد

فیلم‌ها و کارتون‌ها گاهی دانشمندان را به عنوان موجوداتی تنها که در آزمایشگاه‌های در بسته خود مشغول کار هستند ترسیم می‌کنند. اما واقعیت این است که، علم یک فعالیت بسیار اجتماعی است. اغلب دانشمندان به صورت گروه‌هایی فعالیت می‌کنند که در آنها هم فارغ‌التحصیلان و هم دانشجویان عضو هستند (شکل ۲۸-۱). برای موفقیت در علوم باید فردی با روابط اجتماعی بالا بود. نتایج یک تحقیق تا زمانی که با سایر صاحب‌نظران در یک سمینار، مجله و یا اینترنت مطرح نشود هیچ ارزشی ندارد.

### بنا کردن بر روی تحقیق دیگران

دانشمند بزرگ ایساک نیوتن پیش‌تر گفت: «توضیح کل طبیعت برای هر انسانی یا برای هر سنی کار بسیار سختی است. بسیار بهتر است که قسمت کوچکی از آن را با اطمینان انجام دهید، و بقیه آن را برای سایرین باقی بگذارید که پس از شما می‌آیند...» هر شخصی که، به دلیل حس کنجکاوی در مورد چگونگی کار طبیعت، یک دانشمند می‌شود، قطعاً از اکتشافات بسیاری که سایرین قبل از او به دست آورده‌اند، بهره می‌برد.

دانشمندانی که در یک زمینه تحقیقاتی کار می‌کنند اغلب با مشاهدات خود یا تکرار آزمایشات، ادعاهای یکدیگر را می‌آزمایند. اگر نتایج تجربی قادر به تکرار توسط همکاران علمی نباشد، این نقصان ممکن است به دلیل ضعف اساسی ادعای اولیه باشد، که بایستی اصلاح شود. از این جهت، علم خودش مأمور اداره خودش است. درستی و پیوستگی معیارهای بالای حرفه‌ای در گزارش نتایج، اصول یک کوشش علمی هستند. سرانجام، اعتبار اطلاعات تجربی کلید طراحی تحقیقات بیشتر است.



▲ شکل ۲۸-۱ علم به عنوان فرایندی اجتماعی. در جلسات آزمایشگاهی.

حسابی آزمایشگاه در تفسیر داده‌ها، آزمایش‌های اشکال‌یابی و برنامه‌ریزی طرح‌های تحقیقی اسده به یکدیگر کمک می‌کند

بعد نسبت که چند دانشمند روی یک مسأله تحقیقی کار کند برخی دانشمندان از اینکه اولس کسی باشد که یک کشف مهم با آزمایش کلیدی را انجام می‌دهند لذت می‌برند، در حالی که سایر دانشمندان از همکاری با سایر دانشمندانی که روی هم موضوع کار می‌کنند، رضایت بیشتری دارند.

زمانی که دانشمندان روی یک موجود تحقیق می‌کنند، همکاری بین آنها تسهیل می‌شود. اغلب یک موجود نمونه وجود دارد - گونه‌ای که در آزمایشگاه به آسانی رشد کرده و خودش را به خوبی در اختیار تحقیقات قرار می‌دهد. از آنجایی که همه موجودات از نظر تکاملی با هم مرتبطند، نکاتی که در مورد یک موجود نمونه آموخته می‌شود، اغلب شامل حال بسیاری از موجودات می‌شود. به عنوان مثال مطالعات ژنتیکی روی مگس میوه (*Drosophila melanogaster*) باعث شد که اطلاعات زیادی راجع به چگونگی کار ژن‌ها در سایر گونه‌ها، از جمله انسان‌ها به دست آوریم. دیگر موجودات نمونه رایج، گیاه خردل *Arabidopsis thaliana*، کرم خاکی *Caenorhabditis elegans*، ماهی زبرا *Danio rerio*، موش *Mus musculus*، باکتری *Escherichia coli* هستند. همان‌طور که در طول این کتاب خواهید دید، به مشارکت‌های بسیاری که این موجودات و سایر موجودات نمونه در مطالعه حیات داشته‌اند، توجه کنید.

زیست‌شناسان ممکن است از زوایای مختلفی مسائل مورد علاقه خود را بررسی کنند. برخی زیست‌شناسان بر روی اکوسیستم تمرکز می‌کنند، در حالی که بعضی دیگر رویدادهای طبیعی را در سطح موجودات یا سلول‌ها بررسی می‌کنند. این کتاب شامل قسمت‌هایی است که از سطوح مختلفی به زیست‌شناسی نگاه می‌کنند. هر موضوع خاص را می‌توان از جنبه‌های گوناگون بررسی کرد، که در حقیقت مکمل هم هستند.

شما به عنوان یک دانش پژوه زیست‌شناسی می‌توانید سطوح مختلف زیست‌شناسی را به هم ارتباط دهید. زمانی که بعضی از موضوع‌ها در قسمت‌های مختلف بارها تکرار می‌شوند، با توجه کردن به آنها می‌توانید این مهارت را در خودتان پرورش دهید. یکی از این مباحث، بیماری سلول داسی شکل است، بیماری ژنتیکی که به خوبی شناخته شده و در بین ساکنان بومی آفریقا و سایر نواحی گرم، شایع است. موضوع دیگری که در سطوح مختلف در این کتاب بررسی می‌شود، تغییر سراسری آب و هوا است، که قبلاً در این فصل ذکر شد. بیماری سلول داسی شکل و تغییر سراسری آب و هوا در چندین قسمت از این کتاب دیده خواهند شد. امیدواریم که این موضوعات تکراری کمک کند تا با مطالبی که می‌آموزید و به هم ربط می‌دهید تصویر بزرگ و لذت‌بخشی از زیست‌شناسی در ذهن شما نقش بندد.



## علم، فناوری و جامعه

جامعه زیست‌شناسی به‌طور کلی بخشی از جامعه است که در طول زمان تحت تأثیر فرهنگ‌های مختلفی قرار گرفته است. برخی از فیلسوفان علم بیان می‌دارند که دانشمندان آنقدر تحت تأثیر ارزش‌های فرهنگی و سیاسی قرار دارند که دیگر به علم، نسبت به سایر روش‌های فهم طبیعت، توجه بیشتری نمی‌شود. در طرف دیگر، مردمی هستند که در مورد تئوری‌های علمی طوری صحبت می‌کنند که گویی قوانین طبیعی هستند، تا تفسیرهای انسان‌ها را طبیعت. شاید واقعیت علم جایی بین این دو باشد؛ به ندرت کاملاً عینی، اما همواره به وسیله مشاهدات و آزمایشات تکرار پذیر و فرضیه‌های قابل آزمون و قابل تکذیب در حال بررسی است.

ارتباط بین علم و جامعه، هنگامی که فناوری را به آن اضافه کنیم، شفاف‌تر می‌شود. با اینکه علم و فناوری گاهی الگوهای تحقیقاتی مشابهی دارند، اما اهداف اصلی آنها متفاوت است. هدف علم فهمیدن وقایع طبیعی است. در مقابل، فناوری عموماً از اطلاعات علمی برای رسیدن به یک هدف خاص استفاده می‌کند. زیست‌شناسان و دیگر دانشمندان معمولاً از «اکتشافات» صحبت می‌کنند، در حالی که مهندسان و سایر رشته‌های فنی معمولاً بیشتر از «اختراعات» حرف می‌زنند. فواید این اختراعات به دانشمندی می‌رسد که از فناوری جدید برای کار تحقیقاتی خود استفاده می‌کنند، بنابراین علم و فناوری به هم وابسته‌اند.

ترکیب توانمند علم و فناوری، تأثیر به‌سزایی بر روی جامعه دارد. گاهی سودمندترین کاربرد تحقیقات پایه از مشاهدات کاملاً غیر منتظره، به‌دست می‌آید. به‌عنوان مثال کشف ساختار DNA توسط واتسون و کریک در شصت سال قبل و دستاوردهای بعدی در علم DNA منجر به فناوری دستکاری DNA شد، که زمینه‌های کاربردی مانند پزشکی، کشاورزی و علوم جنایی را دگرگون ساخته است (شکل ۱-۲۹). اگر چه واتسون و کریک اظهار داشتند که کشف آنها روزی منجر به کاربردهای مهمی می‌شود، اما بعید است که آنها تمامی آن کاربردهای مهم را دقیقاً پیش‌گویی کرده باشند.

مسیرهایی که فناوری اتخاذ می‌کند، بیشتر به نیازها و خواسته‌های جاری مردم و شرایط اجتماعی بستگی دارد تا به حس کنجکاوی که علوم پایه را به پیش می‌برد. بحث پیرامون فناوری بیشتر بر سر این است که «ایا باید این کار را انجام دهیم» تا آنکه «ایا می‌توانیم آن کار را انجام دهیم». با پیشرفت فناوری، تصمیم‌گیری مشکل شده است. به عنوان مثال استفاده از فناوری DNA، برای فهمیدن اینکه آیا افراد خاصی حامل ژن‌های بیماری وراثتی هستند، در چه شرایطی درست است؟ آیا این آزمایش‌ها همواره باید داوطلبانه باشند، یا تحت شرایط خاصی الزاماً باید انجام شوند؟



▲ شکل ۱-۲۹ فناوری DNA و بررسی صحنه جرم. در سال ۲۰۰۸.

می‌حسابی نمونه‌های DNA ی یک صحنه جرم، باعث آزادی چارلز جانسن از زندان شد. او حدود ۲۷ سال به خاطر رنای به علمی که مرتکب شده بود، در زندان به سر برد. این عکس قاضی جان فروروت را نشان می‌دهد که آقای جانسن را پس از برطرف شدن محکومیتش رها کرده است. حرکات بررسی حسابی DNA در فصل ۲۰ توضیح داده خواهد شد.

ایا شرکت‌های بیمه یا کارکنان‌شان همانند بسیاری از اطلاعات دیگر که مربوط به سلامت شخصی است، به این اطلاعات نیز دسترسی دارند؟ از آنجایی که توالی‌یابی ژنوم افراد، سریع‌تر و ارزان‌تر می‌شود، این سؤالات اهمیت بسیار بیشتری پیدا می‌کنند. این مسائل اخلاقی همان‌قدر که به سیاست، اقتصاد، و ارزش‌های فرهنگی مربوط می‌شوند، به علم و فناوری نیز مربوطند. کلیه افراد - نه تنها دانشمندان حرفه‌ای - حق دارند بدانند که علم چگونه کار می‌کند و مزایای بالقوه و خطرات احتمالی فناوری چیست؛ ارتباط بین علم، فناوری و جامعه اهمیت و ارزش رشته‌های زیست‌شناسی را افزایش می‌دهد.

## ارزش نقطه نظرات مختلف در علم

بسیاری از نوآوری‌ها در فناوری که بیشترین تأثیر را بر روی جامعه بشری داشتند، از مسکن‌های مسیرهای تجاری نشأت گرفتند، جایی که ترکیبی از فرهنگ‌های مختلف بسیار، ایده‌های جدید را به‌وجود آورد. به‌عنوان مثال، ماشین چاپ که علم را در تمامی گروه‌های مختلف اجتماعی گسترش داد و سرانجام باعث ایجاد کتاب در دستان شما شد، در حدود سال ۱۴۴۰ توسط جانز گوتنبرگ آلمانی اختراع شد. این اختراع براساس چندین نوآوری از چین، از جمله کاغذ و جوهر، بود. کاغذ در امتداد مسیرهای تجاری



مانع پیشرفت علم است. هرچه صداهای بیشتری بر سر میز شنیده شود، تبادل علمی بیشتر، با ارزش تر و سودمندتر خواهد بود. ما در این کتاب به همه دانش آموزان زیست شناسی خوش آمد گفتیم. امیدوارند که شما از این رشته بسیار مهیج و زیبای علم زیست شناسی - راضی و خوشحال شوید.

## پرسش های مبحث ۴-۱

۱. علم چه تفاوتی با فناوری دارد؟

۲. **هم می شناسی؟** ژنی که باعث سماری سلول داسی شکر می شود در درصد بالایی از ساکنان صحرای آفریقا است به آفریقایی ها ساکن ایالات متحده وجود دارد. حضور این ژن باعث مقداری عدم بیشتر در برابر مالاریا می شود. سماری وحیمی که در صحرای آفریقا شایع است. فرایند تکاملی که سبب این تفاوت در بین ساکنان این نیمه ناحیه شده است را توضیح دهید.

برای ملاحظه پاسخ های پیشنهادی، به صفحه A مراجعه کنید

از چین به بغداد آورده شد، جایی که فناوری تولید انبوه کاغذ ظهور یافت. سپس این فناوری به اروپا مهاجرت کرد، همان طور که جوهر آبیکی از چین آورده شد. این جوهر توسط گوتنبرگ به جوهر روغنی تبدیل شد. ماشین چاپ و سایر اختراعات مهم به برکت آمیزش فرهنگ های مختلف است.

علم در بین پزشکان، بیشتر از رشته های مشابه، از نقطه نظرات و زمینه های گوناگون استفاده می کند. اما جنسیت، نژاد، قوم و سایر صفات در بین دانشمندان چقدر تنوع دارد؟

به طور کلی جامعه علمی معیارهای فرهنگی و رفتارهای اجتماع را نشان می دهد. بنابراین تعجب آور نیست که در بسیاری از کشورهای جهان، زنان و برخی اقلیت ها برای اینکه دانشمندان حرفه ای شوند، تاکنون با موانع بزرگی مواجه بوده اند. در طول ۵۰ سال گذشته، تغییر در نحوه انتخاب شغل باعث افزایش نسبت زنان در زیست شناسی و برخی از علوم دیگر شده است، به گونه ای که در حال حاضر تقریباً نیمی از دانشجویان ارشد و Ph.D زیست شناسی را زنان تشکیل می دهند. اما در سطوح بالاتر حرفه ای، زنان و بسیاری از گروه های نژادی و قومی سرعت کمی داشته اند، و هنوز در بسیاری از رشته های علمی حضور کم رنگی دارند. این فقدان تنوع

## مرور فصل

1

### خلاصه مفاهیم کلیدی

۱-۱ موضوعاتی از این کتاب که مفاهیم زیستی متفاوت را به

هم مرتبط می سازند

○ موضوع ۱: در هر سطحی از سلسله مراتب زیست شناسی ویژگی های جدید پدیدار می شوند

سلسله مراتب حیات به شکل زیر است:

سوسفر ← اکوسیستم ← جامعه ← جمعیت ← جاندار ← دستگاه ← اندام ← بافت ← سلول ← اندامک ← مولکول ← اتم

در هر سطحی وقتی از پائین به بالا برمی گردیم، براساس تعامل بین اجزای سطوح پائین تر، ویژگی های تازه ای به آن اضافه می شود. در رویکرد کاهش گرایی، سیستم های پیچیده به اجزای ساده تری تقسیم می شوند که قابلیت مدیریت و بررسی بیشتری دارند. در زیست شناسی سیستم ها، دانشمندان مدل هایی از سیستم های پیچیده زیست شناسی می سازند.

○ موضوع ۲: جانداران با محیط فیزیکی

جانداران دیگر میانکنش می کنند

گیاهان مواد غذایی را از خاک و مواد شیمیایی راز

هوا جذب می کنند و از انرژی خورشید استفاده

می نمایند. میانکنش های بین گیاهان و سایر

جانداران منجر به گردش مواد غذایی شیمیایی در اکوسیستم می شود



○ موضوع ۳: حیات به

انتقال و تبدیل انرژی

نیاز دارد

همه جانداران باید کار انجام دهند که خود نیازمند انرژی است. انرژی از خورشید به سمت تولیدکنندگان و مصرف کنندگان جریان دارد.

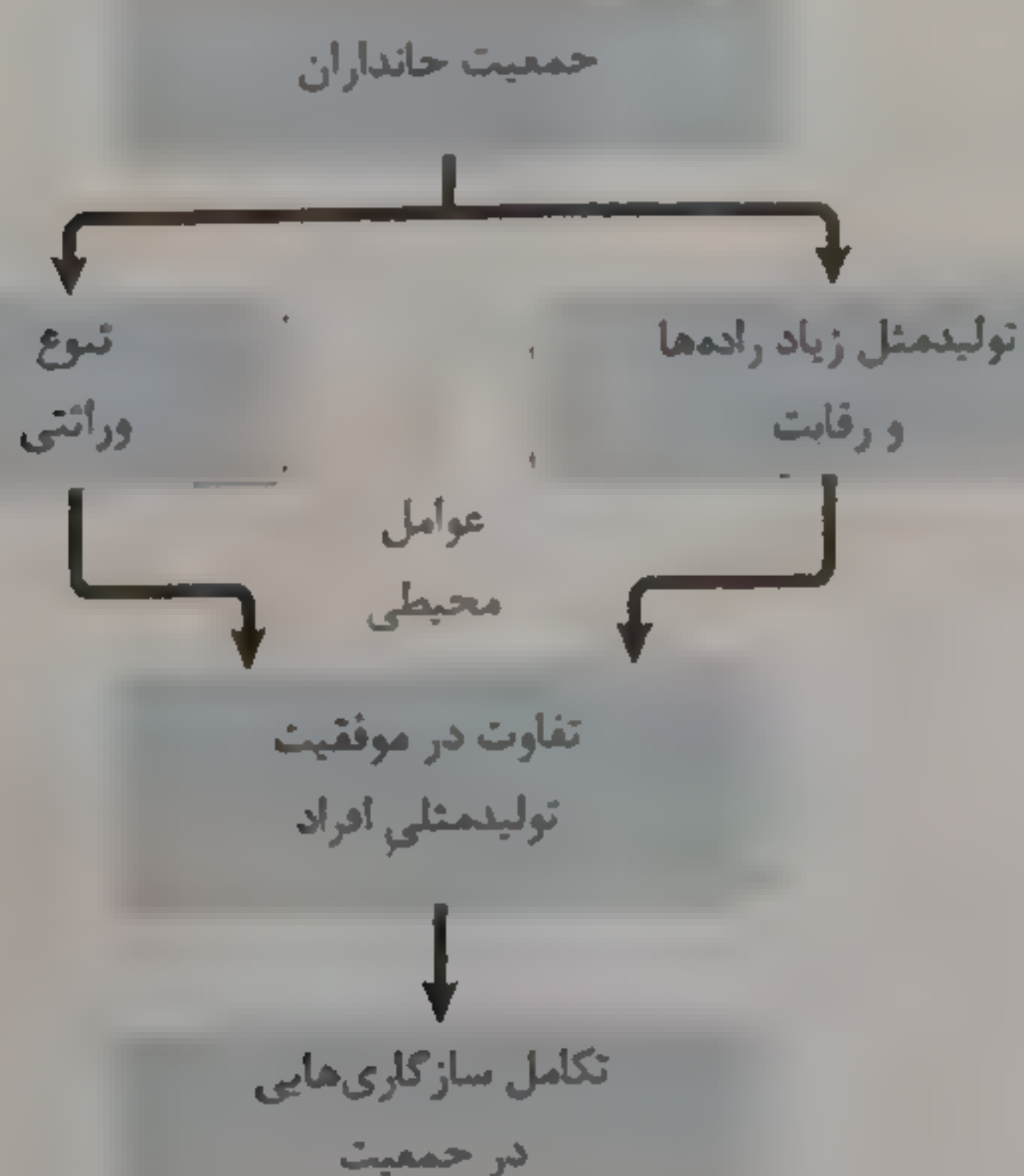




## ۱-۲ تکامل، علت وجود وحدت و تنوع در حیات است

○ زیست‌شناسان گونه‌ها را بر اساس سیستمی در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. قلمرو باکتری‌ها و قلمرو آرکی‌ها پروکاریوت‌ها را تشکیل می‌دهند. قلمرو یوکاریوت‌ها مشتمل بر فرمانروهای آغازیان، گیاهان، قارچ‌ها و جانوران است. با آنکه حیات بسیار متنوع است اما شواهدی بر وحدت کلی وجود دارد، که موجب وجود شباهت‌هایی در بیان همه انواع گونه‌ها شده است.

○ داروین انتخاب طبیعی را به عنوان مکانیسمی برای سازش تکاملی جمعیت‌ها با محیط اطرافشان پیشنهاد کرد.



○ هرگونه، شاخه‌ای است که از درخت حیات جدا شده و هر چه به عقب‌تر برگردیم به اجداد دورتری می‌رسیم. تمامی حیات به واسطه تاریخچه دور تکاملی خود به هم متصل است.

پیکونه انتفاب طبیعی به تکامل سازش‌هایی مانند برگ‌های ضخیم گیاه صدفی نشان داده شده در شکل‌های ۱-۱ و ۱-۲ ملخص شده است؟

## ۱-۳ در مطالعه طبیعت، دانشمندان به مشاهده می‌پردازند و سپس فرضیه‌هایی را ارائه کرده و آزمایش می‌کنند

○ در تحقیق علمی، دانشمندان به مشاهده می‌پردازند (داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند) و با استفاده از استدلال استقرایی یک نتیجه کلی می‌گیرند، که می‌تواند به یک فرضیه قابل آزمون بسط پیدا کند. استدلال قیاسی پیش‌گویی‌هایی انجام می‌دهد که برای آزمایش فرضیه به کار می‌روند؛ اگر فرضیه‌ای درست باشد، ما آن را امتحان می‌کنیم، آنگاه می‌توانیم انتظار داشته باشیم که آن پیش‌گویی‌ها به واقعیت بپیوندند. فرضیه‌ها بایستی قابل آزمون و قابل تکذیب باشند؛ علم نمی‌تواند احتمال وقایع فوق‌طبیعی و اعتبار اعتقادات مذهبی را توضیح دهد.

○ آزمایش‌های کنترل‌شده، مانند بررسی تقلید در جمعیت‌های مارها، طوری طراحی شده‌اند که اثر یک عامل متغیر را در گروه‌های کنترل (شاهد) و گروه‌های مورد آزمایش نشان دهند. گروه‌های کنترل و آزمایش تنها در یک متغیر تفاوت دارند.

○ موضوع ۴: ساختار و عملکرد در تمامی سطوح نظام زیستی با یکدیگر همبستگی دارند

شکل یک ساختار زیستی با عملکرد آن متناسب است و برعکس.

○ موضوع ۵: سلول‌ها واحد پایه‌ای ساختار و عملکرد در جانداران هستند

سلول پائین‌ترین سطحی از طبقه‌بندی است که می‌تواند تمامی فعالیت‌های مورد نیاز برای حیات را انجام دهد. سلول‌ها یا پروکاریوت هستند یا یوکاریوت‌ها اندامک‌های غشادار و هسته‌ای حاوی DNA دارند، اما پروکاریوت‌ها چنین اندامک‌هایی را ندارند.

○ موضوع ۶: ادامه حیات وابسته به انتقال اطلاعات وراثتی به شکل DNA است

اطلاعات ژنتیکی به شکل توالی نوکلئوتیدها در DNA رمز می‌شوند. این DNA است که اطلاعات وراثتی را از والدین به فرزندان منتقل می‌کند. توالی‌های DNA، عملکرد سلول را برای تولید پروتئین برنامه‌ریزی می‌کنند. بدین صورت که ابتدا به شکل RNA رونویسی شده و سپس به شکل پروتئین خاصی ترجمه می‌شود، فرایندی که بیان ژن نام دارد. RNAهایی که به صورت پروتئین ترجمه نمی‌شوند کارهای مهم دیگری در سلول دارند. ژنومیکس، بررسی بزرگ‌مقیاس توالی‌های DNA در یک گونه و نیز مقایسه توالی‌ها بین گونه‌های مختلف است.

○ موضوع ۷: مکانیسم‌های بازخوردی سیستم‌های زیستی را تنظیم می‌کنند

در خودتنظیمی منفی، تجمع محصول نهایی موجب کاهش سرعت واکنشی می‌شود که آن محصول را تولید می‌کند. در خودتنظیمی مثبت، محصول نهایی موجب تولید بیشتر محصول می‌شود. بازخورد نوعی تنظیم شایع در حیات در تمامی سطوح آن است، از سطح مولکولی تا اکوسیستم.

○ تکامل و سیطره آن بر مفاهیم زیست‌شناسی

تکامل عامل وجود تنوع و وحدت در طبیعت است و موجب شده تا هر جاندار با محیط اطرافش سازگاری داشته باشد.

پرا تلو، موضوع اصلی زیست‌شناسی در نظر گرفته می‌شود؟



## خود را بیازمایید

با مراجعه به سایت [www.masteringbiology.com](http://www.masteringbiology.com) به سؤالات چند گزینه‌ای ۱ تا ۱۰ پاسخ دهید.

**۱۱- (رسم کنید)** شکل ساده‌ای از سلسله مراتب رستی، سه اجزای شکل ۱-۴ می‌بینید رسم کنید اما از صخرهٔ مرجانی به عنوان اکسیس ماهی به عنوان جاندار، معددهٔ ماهی به عنوان اندام و DNA به عنوان مولکول استفاده کنید تمامی مراتب سلسله را مشخص کنید.

**۱۲- ارتباط تکاملی**  
یک سلول نمونهٔ پروکاریوتی حدود ۳۰۰۰ ژن در DNAی خود دارد. در حالی که سلول انسان دارای حدود ۲۵,۰۰۰ ژن است حدود ۱۰۰۰ ژن از این ژن‌ها در هر دوی این سلول‌ها به طور مشترک وجود دارند براساس اطلاعات شما در مورد تکامل، توضیح دهید که چگونه این دو دسته متفاوت دارای این تعداد ژن مشترک هستند؟ این سری ژن‌ها احتمالاً کاری انجام می‌دهند؟

**۱۳- تحقیق علمی**  
براساس اطلاعات حاصل از بررسی تقلید مارها، فرصهٔ دیگر پیشنهاد کنید که پژوهشگران بتوانند آن را بررسی کنند.

**۱۴- دربارهٔ موضوع مطرح شده در زیر پلویسید**  
در ۱۰۰ تا ۱۵۰ کلمه در مورد اس دی‌دیگاه داروس بحث کنید چگونه انتخاب طبیعی منجر به وحدت و گوناگونی حیات سرزوی رسیده است؟ در بحث خود برخی از شواهد وی را ذکر کنید.

○ یک تئوری علمی محدودهٔ وسیعی دارد، فرصه‌های جدیدی را مطرح می‌کند و به وسیلهٔ مدارک ریادی حمایت می‌شود.  
○ استدلال استقرایی و استدلال قیاسی در فرایند تحقیق علمی چه نقش‌هایی دارند؟

**۱-۴ علم از رویکردی تعاونی و نقطه نظراتی گوناگون بهره می‌برد**

○ علم یک فعالیت اجتماعی است. مطالعهٔ هر دانشمند روی مطالعهٔ سایر دانشمندان ما می‌شود که قبل از او آمده‌اند. دانشمندان بایستی قادر به تکرار نتایج یکدیگر باشند، بنابراین نتایج علمی بایستی بی‌عیب باشند. زیست‌شناسان از جنبه‌های مختلفی به مسائل نگاه می‌کنند؛ یافته‌های آنها یکدیگر را کامل می‌کنند.  
○ فناوری روش یا وسیله‌ای است که اطلاعات علمی را برای هدف خاصی به کار می‌گیرد که جامعه را متأثر می‌سازد. همواره تأثیر نهایی تحقیق پایه بلافاصله مشخص نمی‌شود.  
○ گوناگونی در بین دانشمندان باعث پیشرفت علم می‌شود.

○ توضیح دهید چرا بررسی‌های متفاوت و زمینه‌های فکری گوناگون در بین دانشمندان اهمیت دارند؟



#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک

برای اولین بار

جلد اول بیولوژی عمومی کمپبل

« رایگان »

تهیه و تنظیم : لیپاز بوک

@lipasebook

@lipasebookbot

انحصاری لیپاز بوک

ما را در تلگرام با آیدی های بالا دنبال کنید .



# UNIT

# I

## شیمی حیات

### عناوین فصل‌ها

- فصل ۲ اساس شیمیایی حیات
- فصل ۳ آب منشأ حیات
- فصل ۴ کربن و گوناگونی مولکولی در حیات
- فصل ۵ ساختار و عملکرد درشت مولکول‌های زیستی



2  
UNIT

The Cell



## اساس شیمیایی حیات

▲ شکل ۱-۲ چه کسی از این باغ مراقبت می کند؟

### مفاهیم کلیدی

- ۱-۲ ماده در حالت خالص از عنصر شیمیایی تشکیل شده است و در حالت ترکیب، ماده مرکب نامیده می شود
- ۲-۲ ویژگی های یک عنصر به ساختار اتم های آن بستگی دارد
- ۳-۲ شکل و عملکرد مولکول ها به پیوندهای شیمیایی بین اتم های آن بستگی دارد
- ۴-۲ واکنش های شیمیایی مسئول تشکیل یا شکستن پیوندهای شیمیایی هستند

### نگاه کلی

### مثالی از ارتباط شیمی و زیست شناسی

جنگل های گرمسیری آمازون در آمریکای جنوبی، پنجره ای برای نشان دادن گوناگونی حیات بر روی زمین هستند. پرندگان رنگارنگ، حشرات و سایر حیوانات در میان هزاران درخت، بوته و گل های وحشی زندگی می کنند. گردش میان جنگل در مسیر یک نهر، بسیاری از گونه های گیاهی را به شما نشان خواهد داد. مسافرینی که از قسمت های شمالی آمازون در پرو بازدید می کنند، شاهد مناظر خیره کننده ای هستند که شما در **شکل ۱-۲** می توانید ببینید. این مناطق تقریباً به طور کامل توسط یک گونه گیاهی اشغال شده است؛ نوعی درخت بید گل دار به نام *Duroia hirsute*. ممکن است مسافران تصور کنند که این گیاه توسط افراد بومی کاشته و نگهداری می شود، اما بومیان نیز همچون مسافران در حیرت اند! آنها این درختان را "devil's gardens" به معنای «حیات شیطان» می نامند. این نام برخاسته از یک افسانه قدیمی است که بیان می دارد «جنگل دارای یک روح شیطانی است».

یک تیم پژوهشی به سرپرستی Deborah Gordon، به دنبال یک سفر تحقیقاتی، معمای حیات شیطان را حل کرده است.

**شکل ۲-۲** چگونه تحقیقات آنها را نشان می دهد. بررسی ها نشان داد که کشاورزانی که باغبانی این درختان را برعهده دارند، در حقیقت مورچه هایی هستند که در شاخه های میان تهی درختان *Duroia* زندگی می کنند. مورچه ها در واقع درختان *Duroia* را نمی کارند بلکه از رویش سایر گونه های گیاهی با تزریق مواد سمی که در بدنشان تولید می شود، جلوگیری می کنند. بدین ترتیب مورچه ها فضایی را ایجاد می کنند تا درختان *Duroia*، که به منزله خانه مورچه هاست، به راحتی رشد کنند. بنابراین یک کلونی از مورچه های حیات شیطان با داشتن سرپناهی همیشگی می توانند برای صدها سال زندگی کنند.

مشخص شده است که ماده شیمیایی که مورچه ها برای وجین کردن حیات خود استفاده می کنند فرمیک اسید است. این ماده توسط گونه های زیادی از مورچه ها تولید می شود. در حقیقت نام آن برگرفته از نام لاتین مورچه است. بیشتر اوقات این ماده در مورچه ها به عنوان یک ضد عفونی کننده بر علیه میکروب ها و انگل ها استفاده می شود. مورچه حیات شیطان اولین نوع مورچه شناخته شده است که از این ماده برای وجین کردن استفاده می کند. این مورد استفاده از مواد شیمیایی، یکی از موارد بسیار مهم است که به کاربرد مواد شیمیایی در دنیای حشرات اضافه شده است. اهمیت نقش مواد شیمیایی در دنیای حشرات از قبل برای دانشمندان مشخص شده بود؛ مثل جلب توجه جفت و یا دفاع در برابر بیگانگان. تحقیق در مورد حیات شیطان تنها یک نمونه از ارتباط علم شیمی با زیست شناسی است. در واقع طبیعت برخلاف تقسیم بندی آموزشی، به صورت قسمت های مختلف علمی نیست که بتوان آن را زیست شناسی، شیمی، فیزیک و ... نامید. زیست شناسان متخصص علم حیات هستند اما طبیعت مشتمل بر شیمی و فیزیک نیز هست. زیست شناسی علمی چند بعدی است.



## پژوهش

چه چیزی باعث تشکیل «حیات شیطانی» در جنگل‌های گرمسیری می‌شود؟

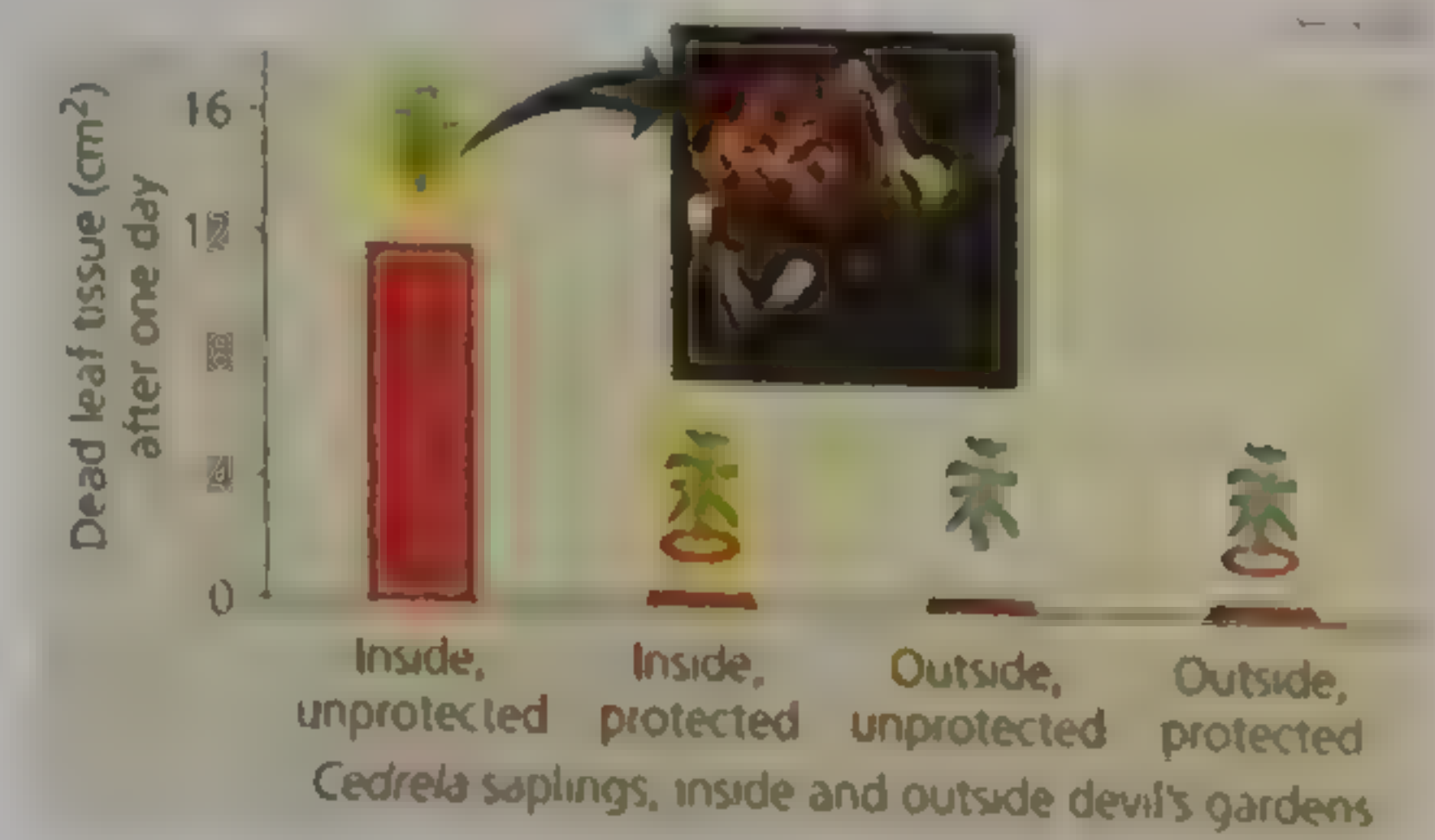
آزمایش: پژوهشی که ریسرچر Deborah Gordon، همکاران Megan Frederickson و Micheal Greene صورت گرفت، عامل ایجاد حیات شیطانی در جنگل‌های گرمسیری را بررسی کرد. این پژوهشگران در جنگل‌های باران‌خیز آمریکای جنوبی، در نزدیکی مرز برزیل و فرانسه، به بررسی مورچه‌های *Myrmelachista schumanni* پرداختند. این مورچه‌ها به گونه‌ای زندگی می‌کنند که درختان را از حشرات و سایر گیاهان می‌شود. فرضیه دیگر این بود که درختان *Duroia* خود را از حشرات و سایر گیاهان می‌شود. فرضیه دیگر این بود که درختان *Duroia* خود را از حشرات و سایر گیاهان می‌شود. فرضیه دیگر این بود که درختان *Duroia* خود را از حشرات و سایر گیاهان می‌شود.

Frederickson آزمایش را در کشور پرو ترتیب داد. دو نهال بومی عسر میریان به نام *Cedrela odorata* در ۱۰ حیات شیطانی مختلف کاشته شد و در پانزده سافه یکی از آنها یک سد چسبناک برای حشرات قرار داده شد. دو نهال دیگر بدون هیچ گونه سدی در ۵ متری خارج حیات شیطانی کاشته شدند.



محققان به بررسی مرگ‌های نهال *Cedrela* پرداختند و اندازه قسمت‌های مرده بعد از گذشت یک روز اندازه‌گیری کردند. آنها همچنین ترکیبات شیمیایی عدد سمی مورچه‌ها را بررسی کردند.

نتایج: مورچه‌ها اقدام به تخریب سم در برگ‌های نهال بدون سد در حیات کردند. در حیات‌های دیگر، قسمت‌هایی از این برگ‌ها مردند (نمودار را ببینید). مورچه‌ها سدی داشتند و انهایی که خارج از حیات کاشته شده بودند، مرگ‌های بسیار کمتری داشتند. این مورچه‌ها



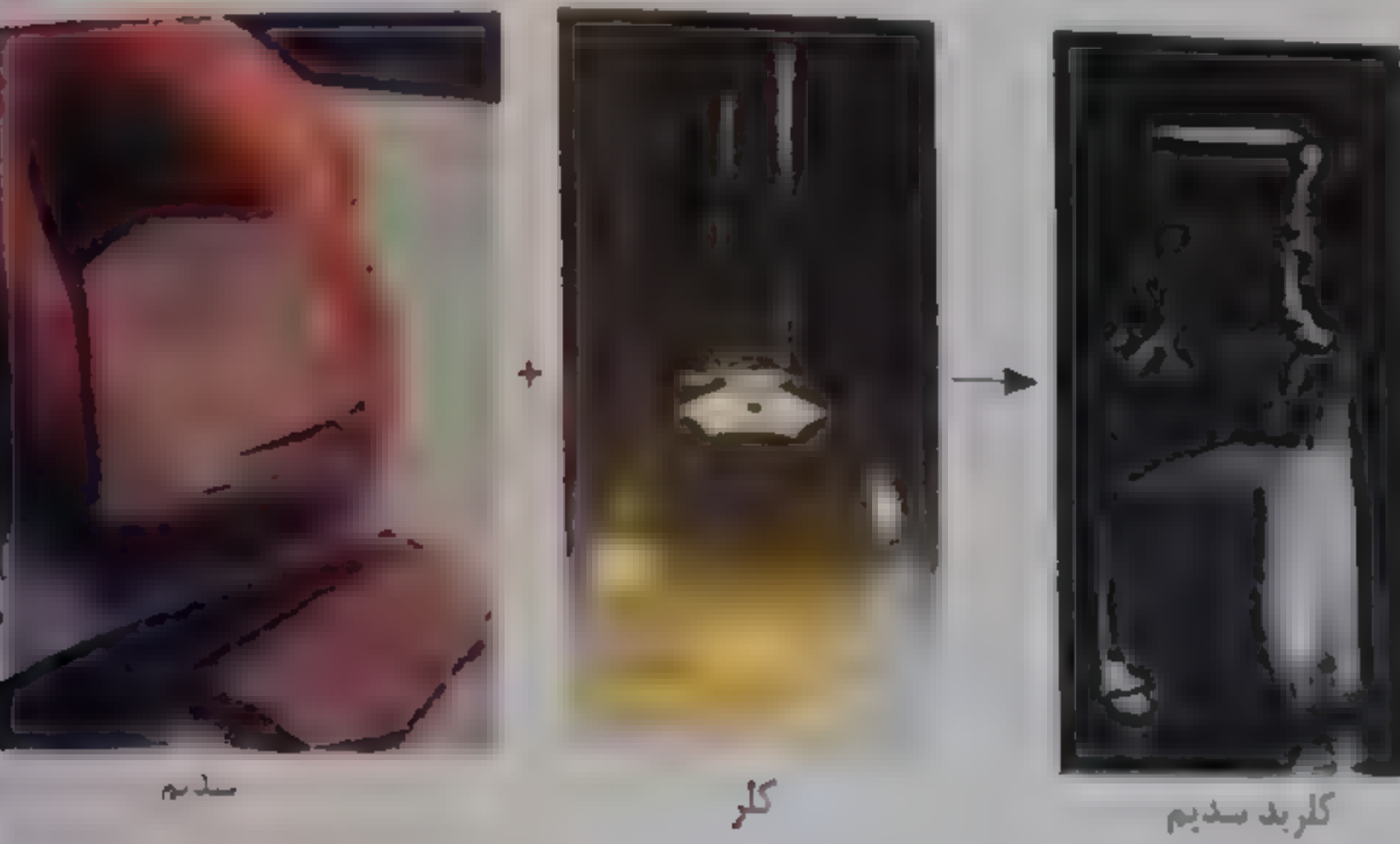
ساخته‌گیری: مورچه‌های گونه *Myrmelachista schumanni* با تزریق فرمیک اسید در برگ‌های درختان عسر میریان موجب مرگ آنها شدند. سایر این، تنها در حیات‌های میریان «حیات شیطانی» باقی ماندند.

منبع: M.E. Frederickson, M.J. Greene and D. M. Gordon "Devil's gardens" bedevilled by ants. *Nature*, 437:495-496 (2005)

بیشتر جستجو کنید: اصل مقاله فوق را مطالعه نموده و تفسیر کنید.  
**چه می‌شد اگر؟** اگر عدم رشد نهال‌های بدون سد در «حیات شیطانی» به علت مواد شیمیایی حاصل از *Duroia* بود، نتیجه چگونه می‌شد؟

این فصل به معرفی مفاهیمی از علم شیمی که در راستای علوم رسی هستند می‌پردازد. ما ارتباط زیادی با مفاهیمی که در فصل ۱ مطالعه کردید برقرار خواهیم کرد. یکی از این مباحث مرآت ساختاری مواد است که در آن به بحث درباره جزئیات هر مرتبه از ساختار خواهیم پرداخت. در این فصل خواهیم دید که ویژگی‌های ساختاری در پایین‌ترین مرتبه خود چگونه بر خواص زیستی مواد اثر دارند؛ مثل قرارگیری اتم‌ها، شکل‌گیری مولکول‌ها و نیز رویارویی این مولکول‌ها با هم در سلول‌ها. در هنگام گذر مسیر مطالعه خود از مولکول‌ها تا رسیدن به سلول‌ها، از مرز فرضی حیات و غیرحیات عبور خواهیم کرد. در این فصل به بررسی اساس ترکیبات شیمیایی مواد آلی و غیرآلی خواهیم پرداخت.

**۲-۱ ماده در حالت خالص از عنصر شیمیایی تشکیل شده است و در حالت ترکیب، ماده مرکب نامیده می‌شود.**  
 جانداران ترکیبی از ماده هستند. ماده به چیزهایی گفته می‌شود که جرم دارند و فضا اشغال می‌کنند. ماده به شکل‌های گوناگونی که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارد دیده می‌شود: صخره‌ها، فلزات، روغن‌ها، گازها و بدن انسان تنها نمونه‌های اندکی از مجموعه بی‌پایان موادی هستند که می‌بینیم.



**شکل ۲-۳ ویژگی‌های نوپدید یک ماده مرکب: فلز سدیم با گاز سمی کلر ترکیب شده و ماده مرکب خوراکی کلرید سدیم یا همان نمک طعام را به وجود می‌آورد.**

**۱- Matter**  
 ۲- گاهی از واژه وزن (weight) به جای جرم (mass) استفاده می‌کنیم. درحالی که این دو کاملاً با هم تفاوت دارند. جرم، مقدار ماده در یک شیء است. درحالی که وزن یک شیء اندازه نیرویی است که به مقداری ماده توسط جاذبه وارد می‌شود. وزن یک فضاپرونده که مشغول راه رفتن در ماه است نزدیک به ۰ وزن او در زمین است. درحالی که جرم او در هر دو حالت یکسان است. درحقیقت واژه وزن آرام آرام جایگزین جرم شده. درست مانند بسیاری از واژه‌های عامیانه که به جای یکدیگر به کار می‌روند [مترجم].



## عناصر و ترکیبات

مواد از عناصر ساخته شده‌اند. عنصر<sup>۱</sup> به ماده‌ای گفته می‌شود که با واکنش‌های شیمیایی به اجرای دیگری شکسته نشود. امروزه ۹۲ عنصر را در طبیعت شناسایی کرده‌اند؛ مثل طلا، مس، کربن و اکسیژن. هر عنصر با یک علامت شناخته می‌شود که معمولاً از حرف اول یا دو حرف اول نام آن گرفته شده است. برخی از این علامت‌ها از نام لاتین با المانی عنصر مورد نظر گرفته شده است. برای مثال، نشانه سدیم Na است که از کلمه لاتینی *Natrium* گرفته شده است.

ماده مرکب ماده‌ای است که از دو یا چند عنصر متفاوت که با نسبت معینی با هم ترکیب شده‌اند، ساخته شده باشد. برای مثال، نمک خوراکی یا همان کلرید سدیم (NaCl)، یک ماده مرکب است که از ترکیب عناصر سدیم (Na) و کلر (Cl) با نسبت یک‌به‌یک تشکیل شده است. سدیم خالص یک فلز و کلر خالص نوعی گاز سمی است. هنگامی که آنها به‌روش شیمیایی با هم ترکیب می‌شوند یک ترکیب خوراکی را می‌سازند. این مثال نمونه ساده‌ای از مواد مرکب است که خواص ویژه‌ای را بروز می‌دهند. به بیانی دیگر، یک ماده مرکب ویژگی‌های متفاوتی نسبت به عناصری که از آنها تشکیل شده است را داراست (شکل ۲-۳).

## عناصر حیات

تقریباً ۲۵ عنصر از ۹۲ عنصری که در طبیعت شناخته شده‌اند برای حیات ضروری هستند. از این میان تنها ۴ عنصر کربن (C)، اکسیژن (O)، هیدروژن (H) و نیتروژن (N)، ۹۶ درصد ماده زنده را تشکیل می‌دهند. فسفر (P)، گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، پتاسیم (K) و شمار دیگری از عناصر، ۴ درصد باقی‌مانده از وزن بدن جانداران را تشکیل می‌دهند. جدول ۱-۲ نام و درصد هریک از عناصر سازنده بدن انسان را نشان می‌دهد. درصد این عناصر در دیگر جانداران نیز مشابه است.

عناصر کم مصرف<sup>۲</sup> عناصری هستند که به مقدار کم مورد نیاز جانداران هستند. برخی از این عناصر مانند آهن (Fe) برای تمام اشکال زنده لازم است. در حالی که برخی دیگر تنها برای شکل خاصی از حیات ضروری‌اند. برای مثال در مهره‌داران (جانورانی که ستون مهره دارند)، عنصر ید (I) از اجزای ضروری هورمونی است که در غده تیروئید ساخته می‌شود. برای کارکرد طبیعی غده تیروئید انسان، روزانه تنها ۰/۱۵ میلی گرم ید کافی است. یکی از نتایج کمبود ید در رژیم غذایی، رشد غیرطبیعی غده تیروئید است که گواتر نامیده می‌شود. در مکان‌هایی که نمک یددار به راحتی در دسترس باشد گسترش گواتر کاهش می‌یابد.

1 - Element  
2 - Trace elements

جدول ۱-۲ عناصری که در بدن انسان یافت می‌شوند

درصد وزن بدن انسان (شامل آب)	نام عنصر	علامت اختصاری
۹۶.۳	اکسیژن	O
	کربن	C
	هیدروژن	H
	نیتروژن	N
۳.۷	کلسیم	Ca
	فسفر	P
	پتاسیم	K
	گوگرد	S
	سدیم	Na
	کلر	Cl
	منیزیم	Mg

عناصر کم‌مصرفی که در بدن یافت می‌شوند (کمتر از ۰/۰۱ درصد) شامل بور (B)، کروم (Cr)، کبالت (Co)، مس (Cu)، فلزور (F)، ید (I)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مولبدن (Mo)، سلنیم (Se)، سیلیکون (Si)، فلوئور (F)، و روی (Zn) می‌باشند.

## مطالعه موردی:

### تکامل تحمل به عناصر سمی

#### تکامل

برخی گونه‌ها با محیط‌های حاوی عناصر سمی سازش پیدا کرده‌اند. یک مثال جالب توجه، گیاهان سرپنتینی هستند. سرپنتین ماده معدنی یشمی مانندی است که حاوی عناصر سمی مانند کروم، نیکل و کبالت است. هر چند اغلب گیاهان قادر نیستند در خاک تشکیل شده از سنگ سرپنتین زندگی کنند، اما تعداد کمی از گونه‌های گیاهی برای این کار سازش پیدا کرده‌اند (شکل ۲-۴). احتمالاً انواعی از گونه‌های اجدادی غیر سرپنتینی که قادر به زندگی کردن در خاک‌های سرپنتینی بودند، در اینجا رشد کردند و به تبع آن انتخاب طبیعی باعث ایجاد گونه‌های متفاوتی شد که امروزه در این نواحی می‌بینیم.

## پرسش‌های مبحث ۱-۲

۱. ارتباط دهید: مبحث ویژگی‌های ظاهری در فصل ۱ را مرور کنید. دلیل ویژگی‌های ظاهری نمک طعام را توضیح دهید؟
۲. آیا یک عنصر کمیاب عنصری ضروری است؟ توضیح دهید.
۳. در بدن انسان، آهن عنصر کمیابی است که برای عملکرد صحیح هموگلوبین لازم است. هموگلوبین، اکسیژن را در گلبول‌های قرمز خون حمل می‌کند. کمبود آهن ممکن است چه اثراتی داشته باشد؟
۴. ارتباط دهید: مبحث انتخاب طبیعی در فصل ۷ را مرور کنید و توضیح دهید چگونه انتخاب طبیعی می‌تواند در تکامل گونه‌هایی نقش داشته باشد که خاک‌های سرپنتینی را تحمل می‌کنند.

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.





▲ شکل ۲-۴ جمعیت گیاهان سرپنتینی گیاهان داخل تصویر بزرگ تر بر روی خاک سرپس می‌رشد می‌کند؛ حاکی که حاوی عناصری است که معمولاً برای گیاهان سمی هستند. تصاویر کوچک تر، سگ سرپنتین و یکی از این گیاهان، سوسن Tiburon Mariposa، را از نزدیک نشان می‌دهد

## ۲-۲ ویژگی‌های یک عنصر به ساختار اتم‌های آن بستگی دارد

هر عنصر از نوع ویژه‌ای از اتم‌ها تشکیل شده است که با اتم‌های دیگر عناصر تفاوت دارد. یک اتم<sup>۱</sup> کوچک‌ترین جزء یک عنصر است که ویژگی‌های آن عنصر را تعیین می‌کند. اتم‌ها آن قدر کوچک‌اند که می‌توان اندازه نقطه تایپ شده در پایان این جمله را از کنار هم گذاشت یک مسارد از آنها بر کرد. برای شانه‌گذاری اتم‌ها از همان علائم اختصاری که برای عناصر به کار می‌رفت استفاده می‌کنیم. برای مثال حرف C برای نشان دادن عنصر کربن و یک اتم کربن به تنهایی به کار می‌رود.

### ذرات سازنده اتم‌ها

اگرچه اتم‌ها کوچک‌ترین جزئی هستند که خواص عنصری را که در ساختار آن به کار رفته‌اند دارا می‌باشند، اما این اجزای کوچک ماده، خود از ذرات ریزتری به نام ذرات سازنده اتم‌ها به وجود آمده‌اند. فیریک دبان اتم‌ها را به سس از یکصد نوع از ذرات شکافته‌اند، اما از این میان تنها سه نوع از ذرات یعنی الکترون‌ها<sup>۲</sup>، پروتون‌ها<sup>۳</sup> و

نوترون‌ها<sup>۴</sup> به اندازه کافی برای داشتن ارتباط با یکدیگر پایدارند. پروتون‌ها و پروتون‌ها به طور محکم در کنار یکدیگر قرار گرفته و یک نوده بسیار محکم را در مرکز اتم به نام هسته اتم<sup>۵</sup> تشکیل می‌دهند. الکترون‌ها با سرعتی نزدیک به سرعت نور، نوعی ابر را پیرامون هسته تشکیل می‌دهند. برای مثال، شکل ۵-۲ دو مدل ساختاری اتم هلیوم را نشان می‌دهد.

الکترون‌ها و پروتون‌ها بار الکتریکی دارند هر الکترون یک واحد بار منفی و هر پروتون یک واحد بار مثبت دارد. یک نوترون، هم‌چنان که از نامش پیداست، از نظر بار الکتریکی خنثی است. پروتون‌ها با ایجاد بار مثبت در هسته و نیروی جاذبه با بارهای منفی باعث حرکت سریع الکترون‌ها در اطراف هسته می‌شوند. نوترون‌ها و پروتون‌ها از لحاظ جرم کاملاً برابرند و هریک در حدود  $1.67 \times 10^{-24}$  گرم جرم دارند. گرم و سایر واحدهای اندازه‌گیری مرسوم، برای بیان جرم اشیای بسیار کوچک و جزئی چندان مفید نیستند. بنابراین برای اتم‌ها و ذرات سازنده آنها و نیز مولکول‌ها از یک واحد اندازه‌گیری به نام دالتون استفاده می‌شود که از نام جان دالتون، دانشمند انگلیسی، گرفته شده است که به پیشرفت تئوری اتمی در حدود سال‌های ۱۸۰۰ میلادی کمک کرد (دالتون همان واحد جرم اتمی<sup>۶</sup> یا amu است که ممکن است شما در جای دیگر با آن روبه‌رو شده باشید). جرم نوترون‌ها و پروتون‌ها تقریباً به اندازه یک دالتون است. از آنجایی که جرم الکترون‌ها حدود  $\frac{1}{1836}$  یک نوترون یا یک پروتون است پس می‌توانیم از جرم آنها هنگام اندازه‌گیری جرم

کل اتم چشم‌پوشی کنیم.

Cloud of negative charge (2 electrons)

Electrons

Nucleus

(a) این مدل، الکترون‌ها را به صورت ابری با بار منفی نشان می‌دهد

(b) در این مدل ساده‌تر، الکترون‌ها به صورت دو گره زرد رنگ کوچک بر روی دایره‌ای پیرامون هسته نشان داده شده‌اند

▲ شکل ۵-۲ الگوی ساده شده‌ای از یک اتم هلیوم. هسته هلیوم دو پروتون (قرمزه‌ای) و دو پروتون (صورتی) دارد. دو الکترون (زرد) با سرعت به دور هسته می‌چرخند. این مدل‌ها در اندازه واقعی نیستند و اندازه هسته را نسبت به ابر الکترونی، بیشتر تخمین می‌زنند

۴ - Neutrons  
۵ - Atomic nucleus  
۶ - Atomic mass unit = amu

1 - Atom  
2 - Electrons  
3 - Protons



## عدد اتمی و جرم اتمی

تعداد ذرات سازنده اتم‌ها در عناصر گوناگون متفاوت است. همه اتم‌های سازنده یک عنصر خاص، تعداد معینی پروتون در هسته خود دارند. تعداد پروتون‌های یک عنصر را که برای هر عنصر منحصر به فرد است، عدد اتمی می‌نامند که به صورت زیرنویس در سمت چپ نشانه هر عنصر نوشته می‌شود. برای مثال، علامت اختصاری  ${}^4\text{He}$  نشان می‌دهد که اتم هلیم درون هسته خود دو پروتون دارد.

خنثی بودن اتم از نظر بار الکتریکی بدان معنی است که پروتون‌ها و الکترون‌ها از نظر تعداد کاملاً برابر هستند. بنابراین عدد اتمی در اتمی که بار الکتریکی آن خنثی است، بیانگر تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های آن اتم است.

تعداد نوترون‌های یک اتم را از کمیتی به نام عدد جرمی یا جرم اتمی می‌توان حدس زد. این کمیت در واقع بیانگر مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های موجود در هسته یک اتم است. عدد جرمی هر اتم در بخش بالا، پشت و سمت چپ علامت عنصر نوشته می‌شود. برای مثال از این اختصارنویسی می‌توان برای نوشتن اتم هلیم به صورت  ${}^4\text{He}$  استفاده کرد. از آنجایی که عدد اتمی نشان‌دهنده تعداد پروتون‌هاست می‌توان تعداد نوترون‌ها را با کم کردن عدد اتمی از عدد جرمی به دست آورد. یک اتم  ${}^4\text{He}$ ، دو نوترون دارد و یک اتم سدیم  ${}^{23}\text{Na}$ ، ۱۱ پروتون، ۱۱ الکترون و ۱۲ نوترون دارد. ساده‌ترین اتم، هیدروژن است؛  ${}^1\text{H}$  زیرا بدون نوترون بوده و تنها یک پروتون و یک الکترون دارد که به دور هسته آن حرکت می‌کند. تقریباً همه جرم یک اتم در هسته آن انباشته شده است، زیرا همان‌گونه که قبلاً گفته شد سهم الکترون‌ها از جرم اتم بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است. از آنجایی که نوترون‌ها و پروتون‌ها هر کدام تقریباً جرمی نزدیک به یک دالتون دارند، عدد جرمی تقریباً برابر جرم کل اتم است، به همین دلیل عدد جرمی را جرم اتمی<sup>۱</sup> نیز می‌نامند. بنابراین می‌توان گفت جرم اتمی سدیم ( ${}^{23}\text{Na}$ ) ۲۳ دالتون است؛ اگرچه جرم دقیق آن برابر ۲۲/۹۸۹۸ دالتون می‌باشد.

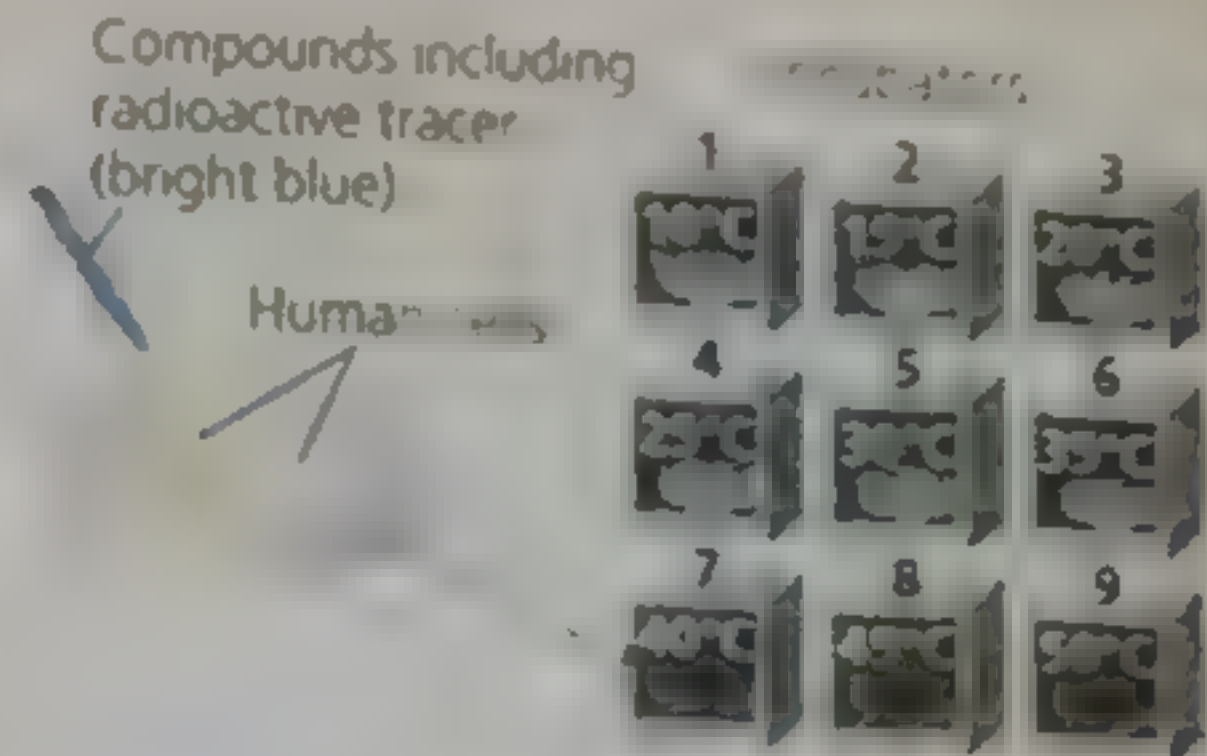
## ایزوتوپ‌ها

همه اتم‌های یک عنصر تعداد پروتون‌های یکسانی دارند، اما برخی از اتم‌های سازنده یک عنصر نوترون‌های بیشتری دارند، بنابراین جرم اتمی آنها بیشتر است. این نوع اتم‌ها را که با سایر اتم‌ها متفاوتند، ایزوتوپ‌های<sup>۲</sup> یک عنصر می‌نامند. عناصر موجود در

1 - Atomic mass  
2 - Isotopes

## پژوهش

رادیوهای رادیوکتیو  
درست کردن ایزوتوپ‌های رادیوکتیو به عنوان ردیاب برای نشان دادن مسیر حرکت خاص استفاده می‌کند. این مواد برای ردیابی مراحل متابولیسم با موفقیت یک ماده در یک جاندار به کار می‌روند. در این مثال از ردیاب‌های رادیوکتیو برای تعیین اثر درجه حرارت بر سرعت همپندسازی DNA درون سلول‌ها

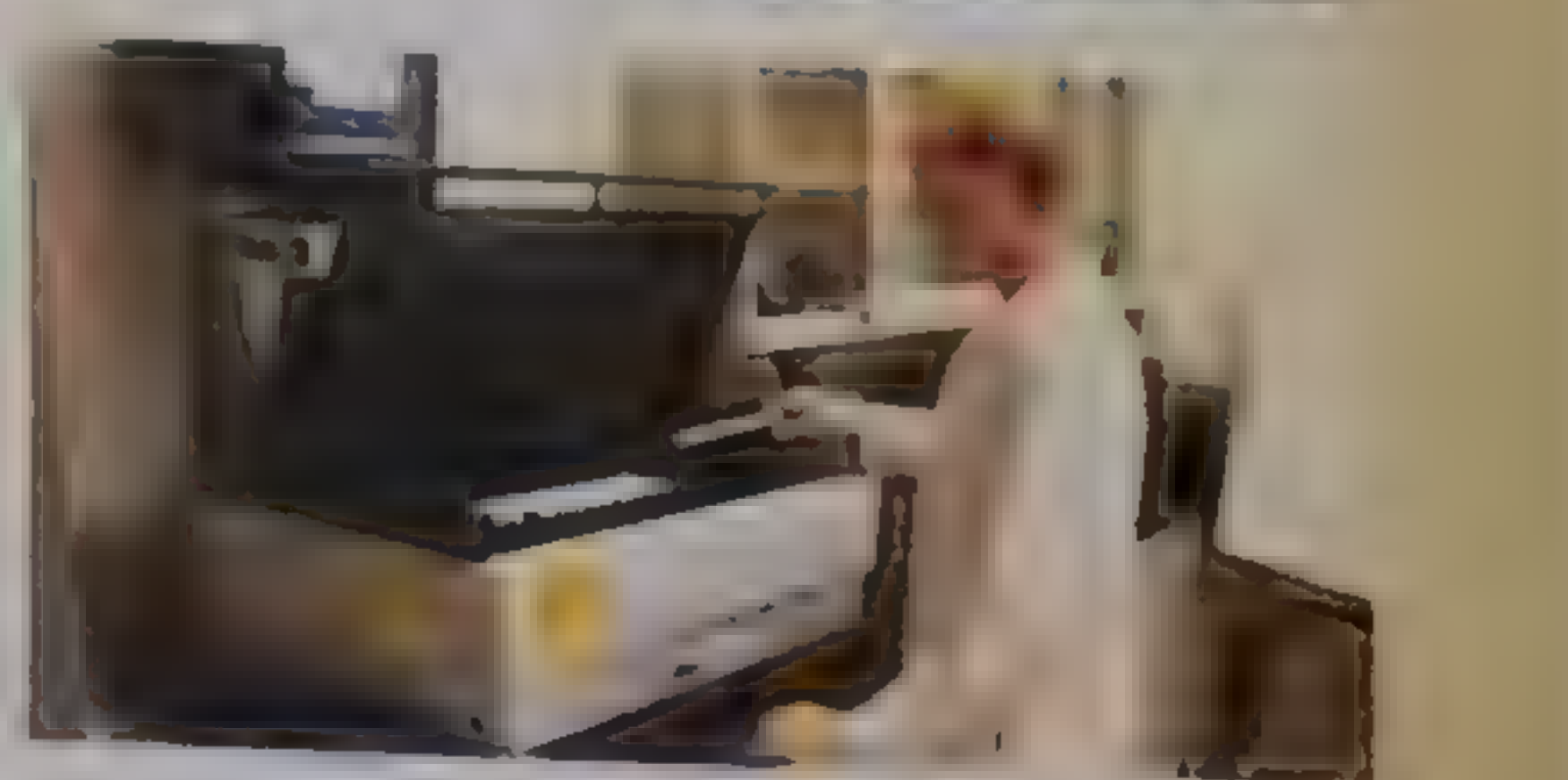


۱. برای آزمایش ساخت DNA به سلول‌های انسانی افزوده می‌شود. یکی از ایزوتوپ‌های رادیوکتیو هیدروژن ( ${}^3\text{H}$ ) نشان‌دار می‌شود. به سلول‌ها در درجه حرارت‌های متفاوت نگهداری می‌شود. سلول‌ها DNAهای جدید را با استفاده از ردیاب رادیوکتیو  ${}^3\text{H}$  می‌سازند.

۲. در لوله‌های آزمایش قرار داده می‌شود. DNAهاشان جدا می‌شود.

در لوله‌های آزمایش، به لوله‌های آزمایش اضافه شده است. در یک دستگاه اندازه‌گیری سینتیلاسیون گذاشته می‌شوند. هنگامی که  ${}^3\text{H}$  به کربن در DNA تارها ساخته شده شروع به از بین رفتن می‌کند، پرتوهای گاما که از آن در برخورد با مایع سینتیلاسیون باعث تولید نور از مایع می‌شود. میزان نور تابیده‌شده توسط دستگاه اندازه‌گیر سینتیلاسیون اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

سازگار درونی فلاش‌ها، که به صورت تعداد در دقیقه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود، با متغیر رادیوکتیو موجود در هر لوله آزمایش مناسب است و نشان‌دهنده مقدار DNA تارها ساخته‌شده می‌باشد. در این آزمایش، هنگامی که نمودار تعداد شمارش‌ها در دقیقه بر دما رسم شود، آشکارا نشان می‌دهد که دما روی سرعت همپندسازی DNA



در دماهای مختلف، درون سلول‌ها نفس دارد و به همپندسازی در ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌گردد. می‌دهد





▲ شکل ۷-۲ اسکن PET، نوعی کاربرد پزشکی برای ایزوتوپ‌های رادیواکتیو. اسکن PET، که نام آن از حروف ابتدای کلمات *Positron-emission tomography* گرفته شده است، موقعیت‌های فعالیت شدید شیمیایی را در بدن آشکار می‌کند. رنگ‌های روشن که در شکل دیده می‌شود ناحیه‌ای با سطح افزایش یافته‌ای از گلوکز نشان داده‌اند. رادیواکتیو را نشان می‌دهد، که به نوع خود نشان دهنده فعالیت متابولیکی بالا است. این خصوصیت یک ویژگی بافت سرطانی است.

اگرچه ایزوتوپ‌های رادیواکتیو در پژوهش‌های زیست‌شناسی و پزشکی بسیار سودمند هستند اما تابش‌های ناشی از ایزوتوپ‌ها می‌توانند با آسیب رساندن به مولکول‌های درون سلول، حیات آنها را در معرض تهدید قرار دهند. شدت این آسیب‌ها به نوع و مقدار تابشی که جاندار می‌گیرد بستگی دارد. یکی از جدی‌ترین آسیب‌های محیطی، تابش‌های انفجار هسته‌ای است. با این حال مقدار اکثر ایزوتوپ‌هایی که در تشخیص‌های پزشکی به کار می‌روند سببناهی خطر هستند.

### سطوح انرژی الکترون‌ها

مدل‌هایی که از ساختمان اتم‌ها در شکل ۵-۲ نشان داده شده، اندازه هسته را نسبت به حجم کل اتم، بسیار اغراق‌آمیز بیان می‌کند. اگر یک اتم هلیوم را به اندازه استادیوم آزادی فرض کنیم، هسته آن به اندازه یک مداد پاک‌کن در مرکز میدان بازی خواهد بود و الکترون‌ها به اندازه دو پشه کوچک پیرامون استادیوم پرواز می‌کنند. اتم‌ها دارای فضاهای خالی بسیار فراوانی هستند. هنگامی که دو اتم در یک واکنش شیمیایی به یکدیگر نزدیک می‌شوند، هسته آنها به اندازه لازم برای واکنش به یکدیگر نزدیک نمی‌شوند. از بین سه نوع ذرات سازنده اتم‌ها که پیش از این شرح داده شد، تنها الکترون‌ها مستقیماً در واکنش‌های شیمیایی بین دو اتم نقش دارند.

طبیعت مخلوطی از ایزوتوپ‌های خود هستند؛ برای مثال، سه ایزوتوپ برای عنصر کربن وجود دارد که عدد اتمی همه آنها ۶ است. معمول‌ترین ایزوتوپ کربن در طبیعت، یعنی در حدود ۹۹ درصد آن، کربن ۱۲ ( $^{12}\text{C}$ ) است که ۶ نوترون دارد. یک درصد باقی‌مانده را به‌طور عمده کربن ۱۳، یعنی ( $^{13}\text{C}$ ) که ۷ نوترون دارد تشکیل می‌دهد. سومین ایزوتوپ این عنصر، که بسیار کمیاب هم هست، کربن ۱۴، یعنی ( $^{14}\text{C}$ ) است که ۸ نوترون دارد. توجه داشته باشید که هر سه ایزوتوپ یادشده دارای ۶ پروتون هستند زیرا در غیر این صورت کربن نخواهند بود. اگرچه ایزوتوپ‌های یک عنصر در حرم خود کمی متفاوتند ولی همگی آنها در واکنش‌های شیمیایی، یکسان عمل می‌کنند. (عددی که به عنوان جرم اتمی یک عنصر ارائه می‌شود، مثل  $^{22.9898}\text{Na}$ ، معمولاً میانگینی از جرم اتمی ایزوتوپ‌های طبیعی آن عنصر است.)

هر دو ایزوتوپ  $^{12}\text{C}$  و  $^{13}\text{C}$  ایزوتوپ‌های پایدارند، یعنی هسته این اتم‌ها تمایلی به از دست دادن ذرات خود ندارند. هسته یک ایزوتوپ رادیواکتیو، گرایش خودبه‌خودی به واپاشی و تلاشی شدن دارد و از خود ذرات و انرژی آزاد می‌کند. هنگام فروپاشی، تغییراتی در تعداد پروتون‌ها صورت می‌گیرد که باعث تبدیل یک اتم به اتم دیگر از یک عنصر دیگر می‌شود. برای مثال، کربن رادیواکتیو وقتی دچار واپاشی شود به نیتروژن تبدیل می‌شود.

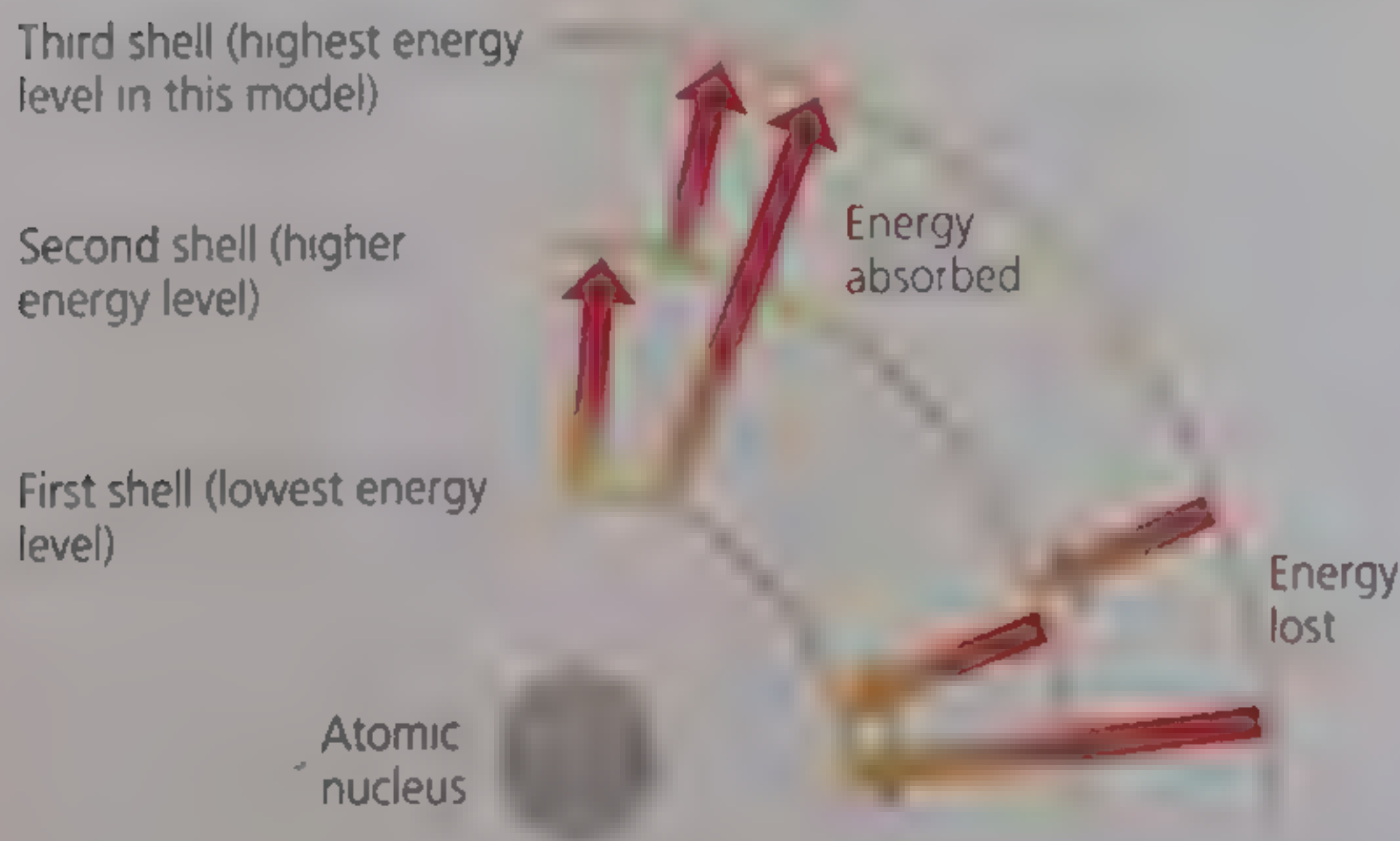
ایزوتوپ‌های رادیواکتیو کاربردهای فراوانی در پژوهش‌های زیست‌شناسی دارند. در فصل ۲۵ خواهید آموخت که چگونه پژوهشگران با اندازه‌گیری فعالیت رادیواکتیو در سنگواره‌ها می‌توانند به سن آثار مربوط به حیات گذشته پی ببرند. از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو همچنین در ردیابی اتم‌ها در متابولیسم یا همان واکنش‌های شیمیایی که در بدن جانداران رخ می‌دهد، استفاده می‌شود (شکل ۶-۲). سلول‌ها از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو همانند دیگر ایزوتوپ‌های یک عنصر استفاده می‌کنند، با این تفاوت که ایزوتوپ‌های رادیواکتیو را به‌سادگی می‌توان ردیابی کرد.

ردیاب‌های رادیواکتیو ابزار تشخیصی مهمی در پزشکی هستند. برای نمونه، برخی از ناهنجاری‌های کلیوی با تزریق مقادیر کمی از مواد دارای ایزوتوپ‌های رادیواکتیو به خون و اندازه‌گیری مقدار آن در ادرار مشخص می‌شوند. ردیاب‌های رادیواکتیو همچنین همراه با ابزارهای پیشرفته تصویربرداری به کار برده می‌شوند. برای مثال، اسکنرهای PET می‌توانند فرایندهای شیمیایی را مانند آنچه در رشد سلول‌های سرطانی رخ می‌دهد، نشان دهند (شکل ۷-۲).



بیشتری نسبت به الکترون‌های لایه دوم داشته و لایه‌های بعدی نیز به همین ترتیب. الکترون‌ها می‌توانند جایگاه خود در لایه‌های الکترونی را که در آن جای گرفته‌اند، تغییر دهند. اما این امر تنها با گرفتن یا از دست دادن انرژی برابر با اختلاف انرژی دو لایه الکترونی قبلی و جدید ممکن می‌شود. هنگامی که یک الکترون انرژی جذب می‌کند می‌تواند به لایه‌های الکترونی دورتر از هسته برود. برای مثال، انرژی نور می‌تواند یک الکترون را به سطح انرژی بالاتر بفرستد. (این موضوع اولین مرحله برای مهار انرژی در فتوسنتز است که در آن گیاهان انرژی مورد نیاز خود را برای تهیه غذا از دی‌اکسید کربن و آب، از نور خورشید به دست می‌آورند.) هنگامی که یک الکترون انرژی از دست می‌دهد به لایه‌های پایین‌تر سقوط می‌کند یا به عبارتی به هسته نزدیک‌تر می‌شود. انرژی از دست داده شده در چنین شرایطی به صورت گرما در محیط پیرامون آزاد می‌شود. برای مثال، نور خورشید الکترون‌های رنگ یک خودروی تیره رنگ را به لایه‌های بالاتری از انرژی منتقل می‌کند و هنگامی که این الکترون‌ها به محل اصلی خود بر می‌گردند، دمای سطح خودرو افزایش می‌یابد. این انرژی گرمایی می‌تواند به هوا و یا هنگام تماس با خودرو به دست شما منتقل شود.

(a) پایین آمدن یک توپ از پله‌ها، شباهت زیادی به سطوح انرژی الکترون‌ها دارد، زیرا توپ تنها روی هر پله می‌تواند جای بگیرد، نه در فاصله بین دو پله.



(b) یک الکترون می‌تواند با گرفتن یا از دست دادن انرژی، دقیقاً برابر اختلاف سطح انرژی بین لایه‌ها، از یک لایه به لایه دیگر حرکت کند. در تصویر فوق پیکان‌ها نشان‌دهنده برخی از تغییرات ممکن در سطح انرژی پتانسیل هستند.

الکترون‌های یک اتم به خاطر مقدار انرژی که دارند گوناگون‌اند. انرژی عبارت است از توانایی ایجاد تغییر و یا به بیانی دیگر توانایی انجام کار. انرژی پتانسیل<sup>۱</sup> عبارتست از انرژی که ماده به خاطر ساختمان یا موقعیتش از آن برخوردار است. برای مثال، آب درون محربی که روی یک تپه قرار دارد به خاطر ارتفاعش از سطح زمین دارای انرژی پتانسیل است. هنگامی که دریچه‌های مخزن باز می‌شود و آب حرکت به سوی پایین تپه را آغاز می‌کند، از انرژی آن می‌توان برای انجام کارهایی مانند چرخاندن ژنراتورها استفاده کرد، زیرا انرژی در حال استفاده شدن است و آب انرژی خود را در پایین تپه نسبت به هنگامی که در مخزن بوده از دست می‌دهد. به طور طبیعی ماده گرس به قرار گرفتن در پایین‌ترین سطح انرژی پتانسیل را دارد، مانند این مثال که آب به پایین تپه حرکت می‌کند. برای اندوختن دوباره انرژی پتانسیل یک مخزن و بالا بردن آب برخلاف حاذقه رمن، باید کار انجام شود.

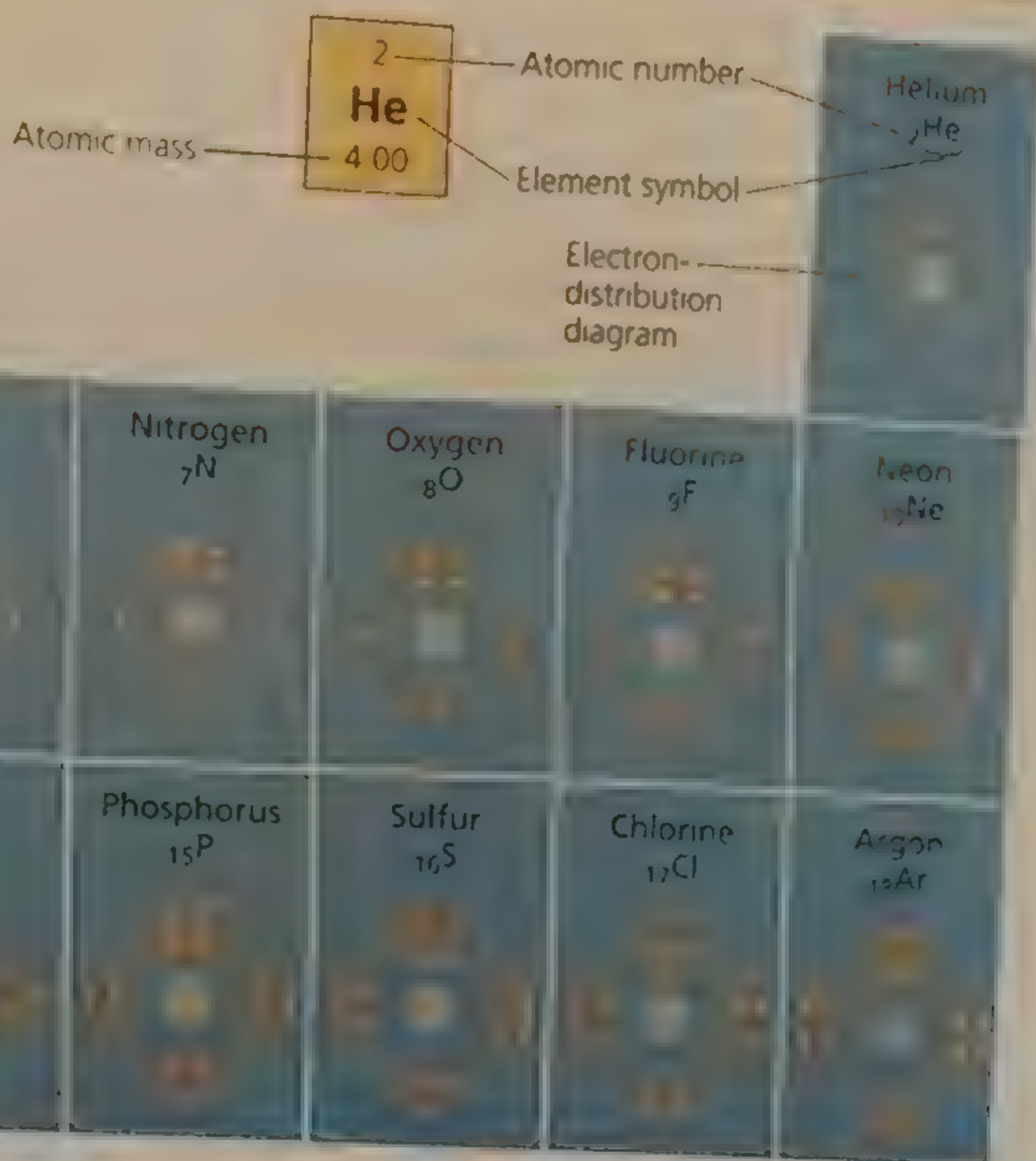
الکترون‌ها نیز دارای انرژی پتانسیل هستند و به همین دلیل با نظم و بردهای گرداگرد هسته چیده شده‌اند. الکترون‌ها با بار الکتریکی منفی توسط بار الکتریکی مثبت هسته جذب می‌شوند. به همین دلیل برای دورتر کردن یک الکترون از هسته باید کار انجام شود، پس الکترون‌هایی که از هسته دورترند از انرژی پتانسیل بیشتری برخوردارند برخلاف جریان پیوسته‌ای که از تپه پایین می‌آید، تعبیر در انرژی پتانسیل الکترون‌ها تنها در سطوحی که مقدار انرژی بانی دارند رخ می‌دهد. یک الکترون، انرژی معینی را می‌تواند از دست بدهد، درست مانند توپی که روی یک پلکان قرار گرفته است (شکل ۸-۲). یک توپ، بسته به اینکه در چه پله‌ای قرار گرفته باشد می‌تواند مقادیر گوناگونی از انرژی پتانسیل را دارا باشد و نمی‌تواند مدت زیادی را بین دو پله بگذراند. یک الکترون نیز نمی‌تواند مابین سطوح ثابت انرژی پتانسیل باقی بماند.

لایه‌های گوناگون انرژی پتانسیل که الکترون‌های یک اتم می‌تواند داشته باشند را سطوح انرژی<sup>۲</sup> می‌نامند. سطح انرژی یک الکترون به مابین فاصله آن از هسته ارتباط دارد. این میانگین فاصله را به صورت نمادین و به شکل لایه‌های الکترونی نشان می‌دهند (شکل ۸-۲). محسن لایه الکترونی، بردن الکترون‌ها به هسته است و الکترون‌های موجود در این لایه کمترین انرژی پتانسیل را دارا هستند. الکترون‌های لایه دوم، انرژی بیشتری نسبت به الکترون‌های لایه اول دارند و الکترون‌های لایه سوم، انرژی

▲ شکل ۸-۲ سطوح انرژی الکترون‌های یک اتم. الکترون‌ها در سطوح معینی از انرژی پتانسیل قرار دارند که لایه‌های الکترونی نامیده می‌شوند.

- 1 - Energy
- 2 - Potential energy
- 3 - Energy levels





### ▲ شکل ۹-۲ نمودارهای توزیع الکترونی ۱۸

عنصر اولیه جدول تناوبی. در یک جدول تناوبی استاندارد، اطلاعات هر عنصر به صورت نمادین ماسد آنچه که برای عنصر هلیوم ارائه شده، نشان داده می شود. در نمودارهای این جدول، الکترون ها به صورت نقطه های زرد و لایه های الکترونی به صورت حلقه های هم مرکز نشان داده شده اند. از نمودارهای مربوط به لایه های الکترونی به عنوان

### توزیع الکترون ها و ویژگی های شیمیایی

ویژگی های شیمیایی یک اتم توسط آرایش الکترون ها یا به بیانی دیگر نحوه پراکندگی الکترون ها در لایه ها یا الکترونی اتم مورد نظر تعیین می شود. اگر از ساده ترین اتم، یعنی اتم هیدروژن، آغاز کنیم می توانیم با افزودن یک الکترون و یک پروتون ساختمان عناصر دیگر را به تصویر بکشیم (البته همزمان با افزودن تعداد مناسبی از نوترون ها). شکل ۹-۲ جدول تناوبی عناصر<sup>۱</sup> را نشان می دهد که در آن نحوه پراکنش الکترون های ۱۸ عنصر ابتدایی، از هیدروژن ( ${}^1\text{H}$ ) تا آرگون ( ${}^{18}\text{Ar}$ ) نشان داده شده است. عناصر براساس تعداد لایه های الکترونی اتم هایشان در سه ردیف یا دوره مرتب شده اند. در هر دوره از چپ به راست، عناصر به ترتیب افزایش الکترون ها (و پروتون ها) قرار گرفته اند.

یک الکترون هیدروژن و دو الکترون هلیوم در نخستین لایه

یک راه سودمند برای نشان دادن توزیع الکترون های اتم در لایه های الکترونی استفاده می شود. با این حال به یاد داشته باشید که این ها مدل های ساده شده ای هستند. عاصری که در یک ردیف مرتب شده اند هر یک نشان دهنده تکمیل یک لایه الکترونی هستند، به گونه ای که الکترون های افزوده شده، پایین ترین لایه قابل دسترسی به لحاظ انرژی را اشغال می کنند

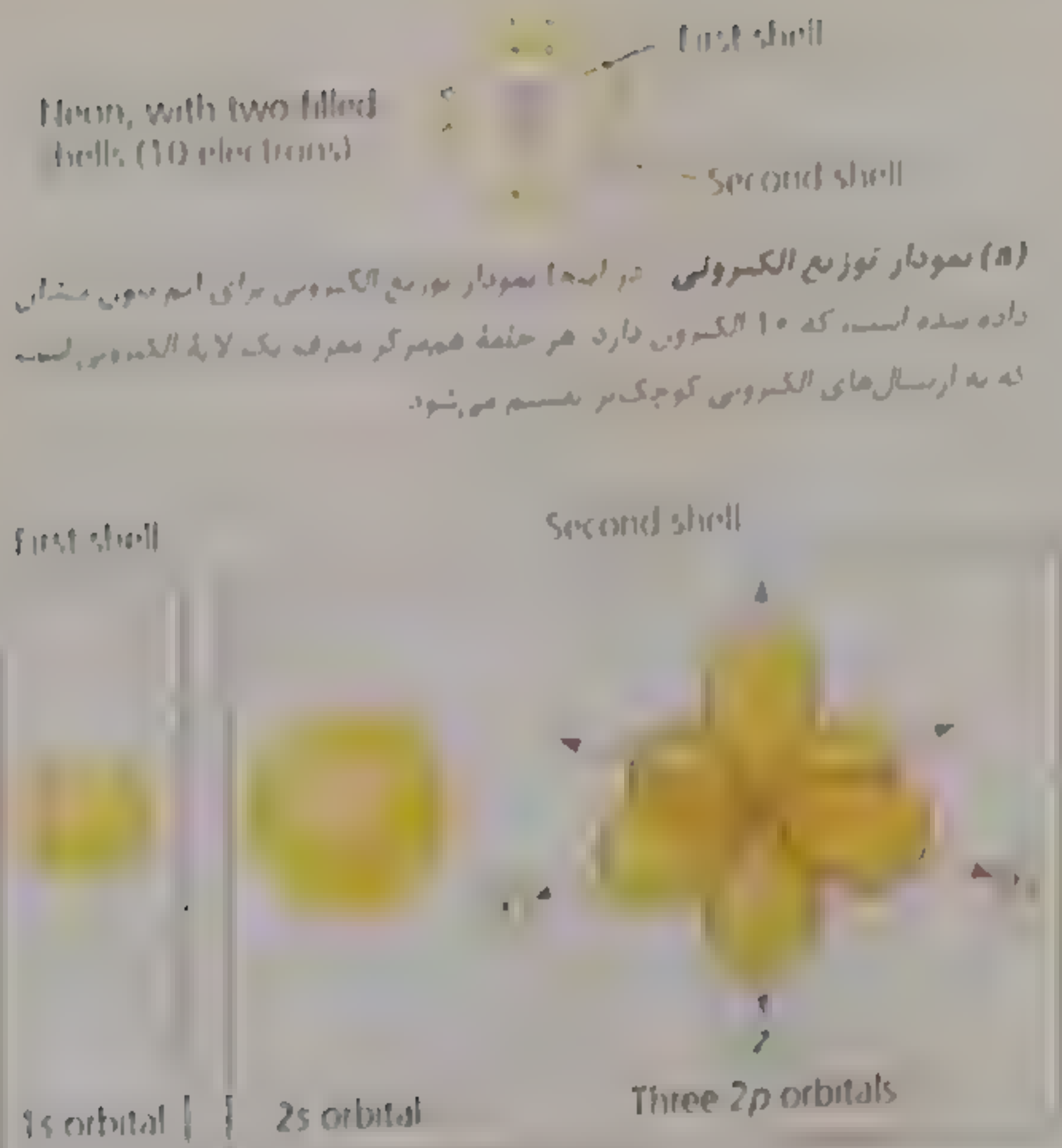


عدد اتمی میزایم چند است؟ میزایم چه تعداد پروتون و الکترون دارد؟ دارای چند لایه الکترونی است؟ چند تا الکترون ظرفیتی دارد؟

الکترونی جای گرفته اند. الکترون ها نیز مانند دیگر مواد گرایش دارند در پایین ترین سطح قابل دسترسی به لحاظ انرژی پتانسیل، یعنی آنچه که در نخستین لایه الکترونی موجود است، قرار گیرند چیر نخستین لایه الکترونی توانایی نگهداری بیش از دو الکترون را ندارد بنابراین تنها دو عنصر هیدروژن و هلیوم در نخستین ردیف جدول قرار دارند. یک اتم با تعداد بیش از دو الکترون باید از لایه های بالاتر استفاده کند. زیرا اولین لایه کاملاً پر شده است. عنصر بعدی لیتیم است که سه الکترون دارد. دو تا از این الکترون ها، لایه اول را پر می کنند و سومین الکترون در دومین لایه الکترونی جای می گیرد. دومین لایه الکترونی می تواند حداکثر ۸ الکترون در خود جای دهد. نئون در پایان ردیف دوم قرار دارد.

ویژگی های شیمیایی یک اتم تا اندازه زیادی به تعداد الکترون های آخرین لایه الکترونی آن وابسته است. به الکترون های آخرین لایه الکترونی، الکترون های ظرفیت<sup>۲</sup> و به آخرین لایه





(b) اربیتال‌های الکترونی جداگانه، اشکال سه‌بعدی، اربیتال‌های الکترونی را نشان می‌دهند. اربیتال‌ها فضای هستند که الکترون‌های یک اتم در بیشتر مواقع در آنها یافت می‌شوند. هر اربیتال حداکثر دو الکترون را در خود جای می‌دهد. اولین لایه الکترونی، در سمت چپ، یک اربیتال کروی (s) دارد که به صورت 1s نشان داده می‌شود. دومین لایه، در سمت راست، دارای یک اربیتال s بزرگ‌تر (که به صورت 2s برای لایه دوم نشان داده می‌شود) و سه اربیتال دمبلی شکل به نام اربیتال‌های p (2p) برای لایه دوم (سه اربیتال 2p به صورت عمود بر یکدیگر در امتداد محورهای x، y و z اتم قرار دارند. در اینجا هر کدام از اربیتال‌های 2p با رنگ متفاوتی نشان داده شده است).

1s, 2s, and 2p orbitals

(c) اربیتال‌های الکترونی روی هم قرار گرفته برای نشان دادن شکل کامل اربیتال‌های الکترونی. نئون، اربیتال 1s لایه اول و اربیتال‌های 2s و 2p لایه دوم را روی هم قرار داده‌اند.

### ▲ شکل ۱۰-۲ اربیتال‌های الکترونی.

عمودی نسبت به دو اربیتال دیگر قرار گرفته است. (لایه سوم و لایه‌های بالاتر نیز به همین ترتیب دارای اربیتال‌های s و p با اشکال پیچیده‌تر هستند).

بیش از دو الکترون نمی‌توانند در یک اربیتال قرار گیرند. به همین دلیل نخستین لایه الکترونی حداکثر دو الکترون را می‌تواند در اربیتال s خود جای دهد. فقط الکترون اتم هیدروژن و دو الکترون اتم هلیم در اربیتال 1s جای دارند. چهار اربیتال دومین

الکترونی، لایه ظرفیت می‌تواند در مجموع هشت الکترون ظرفیت وجود دارد و دومین لایه الکترونی، لایه ظرفیت است. اتم‌هایی که شمار الکترون‌های ظرفیت آنها در لایه ظرفیت‌شان برابر است، ویژگی‌های شیمیایی همانندی دارند. برای نمونه، فلئور (F) و کلر (Cl) هر دو ۷ الکترون ظرفیت دارند و هر دو با سدیم ترکیب شده و ماده مرکبی را تولید می‌کنند (شکل ۲-۲ را ببینید). اتم‌هایی که لایه ظرفیت آنها کامل است، عناصر غیرفعال هستند که در برخورد با دیگر اتم‌ها نمی‌توانند با آنها واکنش دهند. در شکل ۲-۹، آخرین ستون سمت راست جدول پدیده، هلیم، نئون و آرگون را نشان می‌دهد که لایه‌های ظرفیت‌شان پر است. به این عناصر بی‌اثر<sup>۲</sup> یا نجیب گفته می‌شود. به این معنی که از لحاظ شیمیایی توانایی واکنش با دیگر اتم‌ها را ندارند و یا به عبارتی غیرفعال هستند. دیگر اتم‌هایی که در شکل ۲-۹ نمایش داده شده‌اند توانایی شرکت در واکنش‌های شیمیایی را دارند زیرا لایه‌های ظرفیت‌شان کامل نشده است.

### اربیتال‌های الکترونی

در آغاز قرن بیستم تصور بر این بود که لایه‌های الکترونی یک اتم به صورت دایره‌های متحدالمرکزی هستند که الکترون‌های روی آنها، مانند گردش سیارات به دور خورشید، به دور هسته گردش می‌کنند. این الگو هنوز هم برای نشان دادن نمودار دو بعدی دایره‌های هم‌مرکز لایه‌های الکترونی به کار می‌رود. همان‌گونه که در شکل ۲-۹ دیدید، اگر تصور کنیم که لایه‌های الکترونی میانگین فاصله یک الکترون از هسته را نشان می‌دهند خواهیم پذیرفت که این تنها یک مدل است و تصویر واقعی از اتم را ارائه نمی‌کند. در واقع ما هرگز نمی‌توانیم مسیر حرکت واقعی یک الکترون را تشخیص دهیم. در عوض می‌توانیم فضایی را توصیف کنیم که یک الکترون بیشتر اوقات در آن قرار دارد. اربیتال<sup>۳</sup> عبارت است از فضای سه‌بعدی که یک الکترون ۹۰ درصد اوقات خود را در آن می‌گذراند. هر لایه الکترونی دارای تعداد مشخصی اربیتال است که از نظر شکل و جهت با یکدیگر متفاوتند (شکل ۱۰-۲). می‌توان یک اربیتال را به عنوان جزئی از یک لایه الکترونی در نظر گرفت (دوباره یادآوری می‌کنیم که یک لایه الکترونی دارای سطح انرژی مشخصی است). نخستین لایه الکترونی دارای یک اربیتال کروی است (1s)، اما لایه دوم دارای چهار اربیتال است: یک اربیتال کروی بزرگ (2s) و سه اربیتال دمبلی شکل (2p). هر اربیتال 2p در یک زاویه

1 - Valence shell  
2 - Inert  
3 - Orbital



Hydrogen atoms (2 H)

۱- دو اتم هیدروژن که هر یک یک پروتون و یک الکترون دارند. این الکترون‌ها می‌توانند در فضای بین دو اتم به اشتراک قرار دهند.

۲- الکترون‌ها به هم نزدیک می‌شوند و در فضای بین دو اتم به اشتراک قرار می‌دهند. این الکترون‌ها می‌توانند در فضای بین دو اتم به اشتراک قرار دهند.

۳- دو اتم هیدروژن که هر یک یک پروتون و یک الکترون دارند. این الکترون‌ها می‌توانند در فضای بین دو اتم به اشتراک قرار دهند.

Hydrogen molecule ( $H_2$ )

▲ شکل ۱۱-۲ تشکیل یک پیوند کووالانسی.

قوی‌ترین نوع پیوندهای شیمیایی، پیوندهای کووالانسی و یونی هستند.

### پیوندهای کووالانسی

یک پیوند کووالانسی<sup>۲</sup> عبارت است از به اشتراک گذاشتن یک جفت الکترون ظرفیت بین دو اتم. برای مثال، رویدادهایی رای هنگام نزدیک شدن دو اتم هیدروژن به یکدیگر روی می‌دهد. در نظر بگیرید، به یاد داریم که اتم هیدروژن تنها دارای یک الکترون ظرفیت در لایه ظرفیت خود است، در صورتی که گنجایش لایه ظرفیت، دو الکترون می‌باشد. هنگامی که دو اتم هیدروژن به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک می‌شوند، اربیتال‌های ۱s با یکدیگر هم‌پوشانی می‌کنند و الکترون‌های یکدیگر را به اشتراک می‌گذارند (شکل ۱۱-۲). حالا هر اتم هیدروژن دارای دو الکترون همراه با یک لایه ظرفیت کامل شده است. در شکل ۱۲a-۲ چندین روش نمایش یک مولکول هیدروژن نشان داده شده است. دو یا چند اتم می‌توانند کنار یکدیگر با پیوند کووالانسی نگه داشته شوند و یک مولکول بسازند. در این حالت، یک مولکول هیدروژن ساخته شده است. می‌توان این مولکول را به اختصار به صورت  $H-H$  نشان داد. بین دو اتم بیانگر یک پیوند کووالانسی یگانه با یک جفت الکترون است که به اشتراک گذاشته شده است. به این نکته توجه کنید.

Chem bonds

لایه الکترونی حداکثر ۸ الکترون را می‌تواند در خود جای دهند. الکترون‌های هر اربیتال تقریباً انرژی یکسانی دارند ولی در حجم متفاوتی از فضا حرکت می‌کنند.

عملکرد اتم‌ها یا توانایی آنها برای شرکت در واکنش‌های شیمیایی، از حضور الکترون‌های جفت‌نشده در یک یا چند اربیتال موجود در لایه‌های ظرفیت آنها ناشی می‌شود. توجه داشته باشید که در شکل ۸-۲ نحوه قرار گرفتن الکترون‌ها به این صورت است که هر بار یک الکترون اضافه می‌شود. برای سادگی عمل، یک الکترون به الکترون قبلی در آخرین لایه اضافه می‌شود تا نیمی از لایه پر شود و سپس الکترون‌ها به همین ترتیب جفت می‌شوند تا لایه الکترونی کاملاً پر شود. هنگامی که اتم‌ها اقدام به واکنش می‌کنند تا لایه‌های ظرفیت آنها کامل شود، این الکترون‌های جفت‌نشده هستند که درگیر واکنش می‌شوند.

### بررسی‌های محبت ۲-۲

۱- یک اتم هیدروژن دارای ۳ پروتون و ۴ نوترون می‌باشد. جرم اتمی آن چند است؟  
۲- یک اتم هیدروژن دارای ۷ پروتون و اغلب ایزوتوپ‌های آن سر دارای ۷ نوترون هستند یک ایزوتوپ کمیاب هیدروژن دارای ۸ نوترون است. جرم اتمی و عدد اتمی آن ایزوتوپ کمیاب هیدروژن چقدر است؟  
فرمول شیمیایی یا شیموس ایزوتوپ مذکور را بنویسید.  
۳- یک اتم هیدروژن دارد و دارای چند لایه الکترونی است؟ ارسال‌های سفارشی را به سربد فلونور چند الکترون جمع‌شده دارد؟



در شکل ۹-۲، دو با تعداد بیشتری الکترون در لایه ظرفیت دارند، چه شباهت‌هایی دارند؟ دو با تعداد بیشتری الکترون در لایه ظرفیت دارند، چه شباهت‌هایی دارند؟  
در شکل ۱۰-۲، دو با تعداد بیشتری الکترون در لایه ظرفیت دارند، چه شباهت‌هایی دارند؟

### ۲-۳ شکل و عملکرد مولکول‌ها به پیوندهای شیمیایی

#### بین اتم‌های آن بستگی دارد

اکنون پس از نگاهی گذرا به ساختمان اتم‌ها، می‌توان به سطوح بالاتر تشکیلات مواد حرکت کرده و بینیم چگونه اتم‌ها با هم ترکیب می‌شوند و مولکول‌ها و ترکیبات یونی را می‌سازند. اتم‌هایی که لایه ظرفیت‌شان کامل است می‌توانند با اتم‌های معین دیگری برای کامل کردن لایه ظرفیت یکدیگر، واکنش دهند. اتم‌ها می‌توانند الکترون‌های ظرفیت خود را منتقل کنند. این واکنش‌ها بیشتر در نتیجه قرار گرفتن اتم‌ها در کنار یکدیگر به وجود می‌آیند و با جاذبه‌ای که پیوندهای شیمیایی<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند، باقی می‌مانند.



این مولکول، چهار اتم هیدروژن یک ظرفیتی، ظرفیت یک اتم کربن چهار ظرفیتی را کامل کرده‌اند. نیروی جاذبه ویژه‌ای که در اتم‌های شرکت‌کننده در پیوند کووالانسی بر الکترون‌ها وارد می‌شود، الکترونگاتیویته<sup>۵</sup> نامیده می‌شود. اتم‌های با الکترونگاتیویته بالاتر با توان بیشتری الکترون‌های به اشتراک گذاشته‌شده را به‌سوی خود می‌کشند. در یک پیوند کووالانسی که بین دو اتم از یک عنصر همانند تشکیل می‌شود نیرویی که بر الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده وارد می‌شود برابر است؛ به عبارت دیگر هر دو اتم الکترونگاتیویته یکسانی دارند. حسیز پیوندی را که در آن الکترون‌ها به‌طور یکسان به اشتراک گذاشته می‌شوند،

رساند که نمایش هم‌زمان اتم‌ها و پیوندهای شیمیایی را فرمول ساختاری<sup>۱</sup> می‌نامند. از طرف دیگر می‌توان مولکول مالا را به اختصار به صورت  $H_2$  یا فرمول مولکولی<sup>۲</sup> نمایش داد که به‌سادگی بیان‌کننده این است که مولکول هیدروژن از دو اتم هیدروژن تشکیل شده است. اکسیژن با دارا بودن ۶ الکترون در دومین لایه الکترونی، به دو الکترون برای تکمیل لایه ظرفیت خود نیاز دارد.

دو اتم اکسیژن با به اشتراک گذاشتن دو جفت الکترون لایه ظرفیت‌شان، مولکول اکسیژن را می‌سازند (شکل ۱۲b-۲). بنابراین به‌ها با پیوندی که پیوند کووالانسی دوگانه یا به اختصار پیوند دوگانه<sup>۳</sup> خوانده می‌شود به یکدیگر متصل می‌شوند. تعداد الکترون‌هایی که هر اتم می‌تواند به اشتراک بگذارد، تعیین‌کننده عدد پیوندهای کووالانسی است که آن اتم می‌تواند تشکیل دهد. هنگامی که پیوندها تشکیل شدند، الکترون‌های لازم برای پر کردن لایه‌های ظرفیت در اختیار اتم‌ها قرار داده می‌شود. برای مثال، ظرفیت پیوندی اکسیژن ۲ است. این ظرفیت پیوندی، ظرفیت<sup>۴</sup> اتم نامیده می‌شود که معمولاً برابر با تعداد الکترون‌های جفت‌نشده آخرین لایه الکترونی (لایه ظرفیت) اتم است. می‌توان با بررسی آرایش الکترونی هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و کربن ظرفیت آنها را تعیین کرد. با شمارش تعداد الکترون‌های جفت‌نشده می‌توان دریافت که ظرفیت هیدروژن ۱، اکسیژن ۲، نیتروژن ۳ و کربن ۴ است. فسفر به‌عنوان یکی دیگر از مولکول‌های مهم زیستی، موردی پیچیده‌تر است. از آنجایی که فسفر دارای ۳ الکترون جفت‌نشده است، سه ظرفیت را برای فسفر می‌توان در نظر گرفت.

فسفر در برخی مولکول‌های زیستی بسیار مهم به‌صورت پنج ظرفیتی دیده می‌شود و سه پیوند یگانه و یک پیوند دوگانه را با دیگر اتم‌ها تشکیل می‌دهد.

مولکول‌های  $H_2$  و  $O_2$ ، عناصر خالص (توجه داشته باشید که مواد مرکب از ترکیب دو یا چند عنصر متفاوت به‌وجود می‌آیند). آب نمونه‌ای از یک ماده مرکب با فرمول مولکولی  $H_2O$  است. در این مولکول دو اتم هیدروژن، ظرفیت یک اتم اکسیژن را کامل کرده‌اند. ساختمان مولکول آب در شکل ۱۲c-۲ نشان داده شده است. آب برای زندگی اهمیت فراوانی دارد. به‌گونه‌ای که فصل سوم این کتاب به‌طور کامل به ساختمان و عملکرد آب پرداخته است.

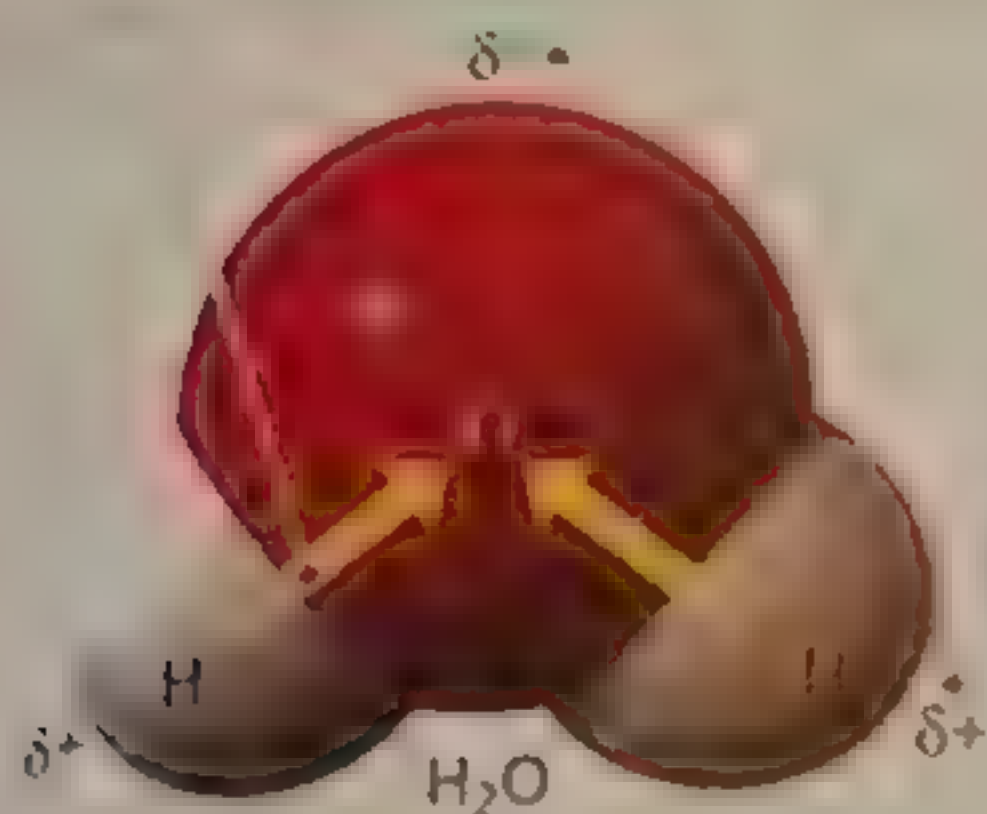
متان که با فرمول مولکولی  $CH_4$ ، ترکیب اصلی تشکیل‌دهنده گاز طبیعی است، نیز یک نوع ماده مرکب است (شکل ۱۲d-۲). در

نام و فرمول مولکولی	نمونه‌ها	سامانه نقطه‌ای	مدل
	نمایش الکترونی	لئونیس و فرمول ساختاری	فضای پرکن
(a) هیدروژن ( $H_2$ ). دو اتم هیدروژن می‌تواند یک پیوند یگانه را تشکیل دهد.		$H:H$ $H-H$	
(b) اکسیژن ( $O_2$ ). دو اتم اکسیژن دو جفت الکترون را برای تشکیل یک پیوند دوگانه به اشتراک می‌گذارند.		$\ddot{O}::\ddot{O}$ $O=O$	
(c) آب ( $H_2O$ ). دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن با دو پیوند کووالانسی مولکول آب را تشکیل می‌دهند.		$\begin{array}{c} \ddot{O}:H \\   \\ H \end{array}$ $O-H$ $H$	
(d) متان ( $CH_4$ ). یک اتم کربن با چهار ظرفیت به یک اتم کربن که می‌تواند به چهار اتم کربن متصل شود.		$\begin{array}{c} H \\   \\ H:\ddot{C}:H \\   \\ H \end{array}$ $\begin{array}{c} H \\   \\ H-C-H \\   \\ H \end{array}$	

▲ شکل ۱۲-۲ پیوند کووالانسی در چهار مولکول. معمولاً تعداد الکترون‌های مورد نیاز برای پر کردن لایه ظرفیت یک اتم تعیین‌کننده تعداد پیوندهایی است که یک اتم می‌تواند تشکیل دهد.

- 1 - Structural formula
- 2 - Molecular formula
- 3 - Double bond
- 4 - Valence





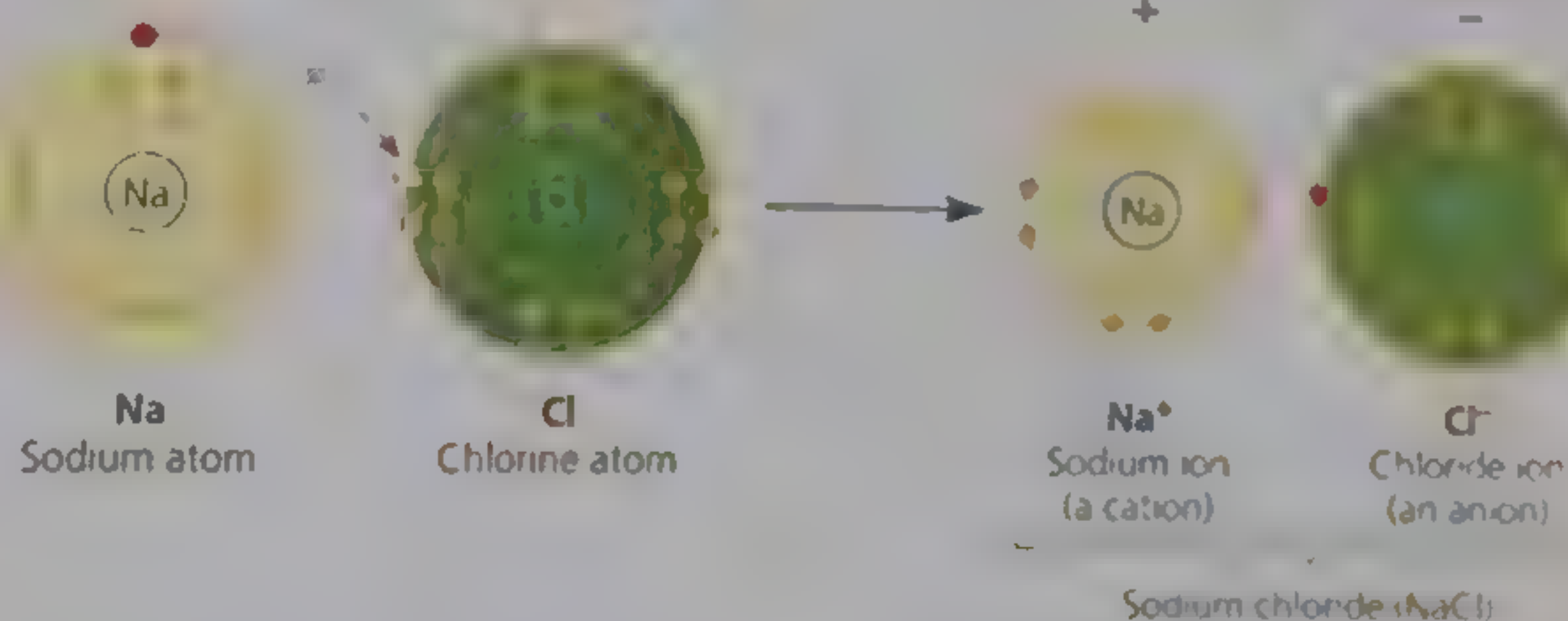
▲ شکل ۱۳-۲ پیوند کووالانسی قطبی در مولکول آب.

### پیوندهای یونی

در برخی موارد، حاذبه وارد شده از سوی اتم‌ها به الکترون‌های ظرفیت آنقدر نابرابر است که اتم با الکترون‌گاتیویته بالا، الکترون را به‌طور کامل از اتم دیگر جدا می‌کند. چنین حالتی دقیقاً هنگامی که یک اتم سدیم در کنار اتم کلر قرار می‌گیرد رخ می‌دهد (شکل ۱۴-۲). یک اتم سدیم به‌طور کلی ۱۱ الکترون دارد و تنها الکترون ظرفیت آن در سومین لایه الکترونی‌اش قرار گرفته است. یک اتم کلر که در مجموع ۱۷ الکترون دارد در لایه ظرفیت خود دارای ۷ الکترون می‌باشد. هنگامی که دو اتم کلر و سدیم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، تنها الکترون ظرفیت سدیم، به لایه ظرفیت اتم کلر منتقل می‌شود و هر دو اتم، لایه ظرفیت یکدیگر را کامل می‌کنند. (با از دست رفتن تنها الکترون لایه سوم، لایه دوم اتم سدیم به‌عنوان لایه ظرفیت به‌شمار می‌آید).

الکترون انتقال یافته باعث حرکت یک واحد بار منفی از اتم سدیم به اتم کلر می‌شود. بدین ترتیب سدیم ۱۱ پروتون و تنها ۱۰ الکترون دارد و به‌همین دلیل یکبار مثبت پیدا می‌کند. یک اتم یا یک مولکول دارای یون<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. اگر بار آن مثبت باشد به آن کاتیون<sup>۳</sup> می‌گویند. اتم سدیم کاتیون تبدیل شده است. برعکس، اتم کلر که یک الکترون اضافی دارد یعنی ۱۷ پروتون و ۱۸ الکترون، که باعث ایجاد بار منفی در آن می‌شود؛ و یا به عبارت دیگر تبدیل به یک آنیون<sup>۴</sup> (یک یون با بار منفی) می‌شود.

۱. تنها الکترون ظرفیت اتم سدیم برای پیوستن به هفت الکترون ظرفیت اتم کلر مهمل می‌شود



▲ شکل ۱۴-۲ انتقال الکترون و پیوند یونی. حاذبه بین اتم‌ها یا یون‌های با بارهای ناممکن، نوعی پیوند یونی است. یک پیوند یونی می‌تواند بین انواع یون‌های با بار مخالف ایجاد شود، حتی اگر آنها به‌علت انتقال یک الکترون از یکی به دیگری تشکیل نشده باشند.

پیوند کووالانسی غیرقطبی<sup>۱</sup> می‌نامند. برای مثال، پیوند کووالانسی  $H_2$  و پیوند کووالانسی دوگانه  $O_2$  غیرقطبی هستند. در انواع دیگر ترکیبات، یعنی ترکیباتی که میان یک اتم با الکترون‌گاتیویته خاص و اتم دیگر با الکترون‌گاتیویته بیشتر پیوند برقرار می‌شود، الکترون‌های پیوندی به‌طور یکسان بین دو اتم، به اشتراک گذاشته نمی‌شوند. این دسته از پیوندها، پیوندهای کووالانسی قطبی<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند. مثال قطبی بودن آب پیوندی بسیار متفاوت بوده و بستگی به الکترون‌گاتیویته دو اتم سرریخته پیوند دارد. برای مثال، پیوند میان هیدروژن و کربن در مولکول متان کمی قطبی است، زیرا الکترون‌گاتیویته کربن و هیدروژن در آب مولکول تفاوت اندکی با هم دارند. در یک نمونه دیگر، می‌توان به پیوندهای میان اکسیژن و هیدروژن در مولکول آب اشاره کرد که کاملاً قطبی هستند (شکل ۱۳-۲). اکسیژن، بیشترین الکترون‌گاتیویته را در میان ۹۲ عنصر دارد، و الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده را با توان بسیار بیشتری نسبت به اتم هیدروژن جذب می‌کند. در یک پیوند کووالانسی بین هیدروژن و اکسیژن، الکترون‌ها مدت زمان بیشتری در پیرامون اتم اکسیژن نسبت به اتم هیدروژن حضور دارند. چون الکترون‌ها بار منفی دارند و به اشتراک گذاشته شدن الکترون‌ها در مولکول آب به‌صورت نابرابر صورت گرفته است، اتم اکسیژن مقدار حزن‌ی بار منفی پیدا می‌کند. این میزان با حرف یونانی  $\delta^-$  (دلتا) همراه با یک علامت منفی ( $\delta^-$ ) نمایش داده می‌شود. هر کدام از دو اتم هیدروژن دارای اندکی بار مثبت می‌شوند (که به‌صورت  $\delta^+$  یا دلتا مثبت نمایش داده می‌شود).

۲. حاذبه از میان‌های تولیدشده دارای لایه ظرفیت بیرونی می‌تواند بین دو یون با بار مخالف شکل گیرد



در سارهای مثبت و منفی یکدیگر را جذب می‌کند این‌ها و ترکیب‌ها نیز یکدیگر را جذب می‌نمایند، این حادیه پیوند یونی می‌شود انتقال الکترون موجب شکل‌گیری پیوند نمی‌شود زیرا اجازه می‌دهد تا یک پیوند میان دو یون برقرار شود.

پیوند یونی می‌تواند بین دو یون با بار مخالف ایجاد شود. این‌ها برای باردار شدن حتماً ساری به انتقال الکترون به یکدیگر می‌زنند. ترکیب‌هایی که با پیوندهای یونی شکل می‌گیرند، ترکیبات یونی یا نمک‌ها نامیده می‌شوند. سدیم کلرید یا نمک خوراکی را به عنوان یک ترکیب یونی می‌شناسیم (شکل ۱۵-۲). نمک‌ها بیشتر در طبیعت به صورت بلورهایی با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون یافت می‌شوند که از به هم پیوستن تعداد زیادی از این‌ها و کاتیون‌ها و آنیون‌ها حاصل می‌شوند. به صورت شبکه‌های سه‌بعدی منظمی در کنار هم تشکیل شده‌اند. یک بلور نمک از تعداد معینی مولکول، ساده‌ای که در مورد پیوند کووالانسی مشاهده می‌شود، ساخته شده است. زیرا یک مولکول که در نتیجه پیوند کووالانسی به وجود آمده دارای تعداد معینی از اتم‌های مشخص است. فرمولی مانند NaCl که برای یک ترکیب یونی به کار می‌رود تنها نشان‌دهنده نسبت عددی است که در ساختمان بلور به کار رفته، بنابراین NaCl یک مولکول نیست.

تعداد کاتیون‌ها و آنیون‌ها حتماً در همه نمک‌ها برابر هستند. برای مثال، ترکیب یونی کلرید منیزیم ( $MgCl_2$ )، دارای دو یون کلرید و یک یون منیزیم است. منیزیم ( $Mg^{2+}$ ) باید دو الکترون لایه آخر خود را از دست بدهد تا یک لایه کامل ظرفیت داشته باشد. ساراس تمایل دارد تا به یک کاتیون با دو بار مثبت  $Mg^{2+}$  تبدیل شود. به همین دلیل یک کاتیون منیزیم توانایی تشکیل دو



▲ شکل ۱۵-۲ یک بلور سدیم کلرید، یون‌های سدیم و کلر به کمک پیوند یونی در کنار هم نگه‌داشته شده‌اند. فرمول  $NaCl$  بیان‌دهنده این است که نسبت یون‌های  $Cl^-$  و  $Na^+$  یک به یک است.

- 1 - Ionic bond
- 2 - Ionic compounds
- 3 - Salts

پیوند یونی را با دو یون کلرید دارد. واژه یون همچنین برای مولکول‌های کاملی که بار الکتریکی دارند نیز به کار می‌رود. برای مثال، در نمک کلرید آمونیوم ( $NH_4Cl$ )، این‌ها  $Cl^-$  و کاتیون  $NH_4^+$  است که در آن یک اتم نیتروژن با چهار اتم هیدروژن با پیوند کووالانسی به هم پیوند شده‌اند. یون آمونیوم به‌طور کلی دارای یک بار مثبت است زیرا یک الکترون کمتر دارد. اندازه پیوند یونی به محیط پیرامون بستگی دارد. در یک بلور نمک خشک پیوندهای یونی آن چنان قوی هستند که برای دو نیم کردن بلور، نیاز به قلم و چکش داریم. قرار دادن بلور نمک در آب و حل شدن آن باعث کاهش حادیه بین یون‌ها می‌شود. در فصل بعدی خواهید آموخت که چگونه نمک‌ها در آب حل می‌شوند.

### پیوندهای شیمیایی ضعیف

در جانداران، بیشتر پیوندهای شیمیایی قدرتمند، پیوندهای کووالانسی هستند که با اتصال اتم‌ها به یکدیگر مولکول‌های درون سلول‌ها را می‌سازند. اما از نقش پیوندهای ضعیف‌تر که بین مولکول‌های مختلف یا درون یک مولکول به وجود می‌آید نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. زیرا بسیاری از ویژگی‌های زیستی مولکول‌ها تا اندازه زیادی از چنین فعل و انفعالاتی ناشی می‌شود. عملکرد مهم‌ترین مولکول‌های بزرگ زیستی به همین پیوندهای ضعیف بستگی دارد. همچنین هنگامی که دو مولکول در درون سلول به هم می‌پیوندند ممکن است موقتاً با پیوندهای ضعیف به هم متصل شوند. بازگشت‌پذیر بودن پیوندهای ضعیف بسیار سودمند است، به گونه‌ای که در اثر این پیوندها دو مولکول به هم نزدیک‌شده و به شیوه‌های گوناگونی با هم واکنش می‌دهند و سپس از هم جدا می‌شوند. چند نوع از پیوندهای شیمیایی ضعیف، در موجودات زنده مهم هستند. یکی از آنها پیوندهای یونی است که پیشتر توضیح داده شد و دیگری که اهمیت فراوانی برای جانداران دارد، پیوند هیدروژنی نامیده می‌شود.

### پیوندهای هیدروژنی

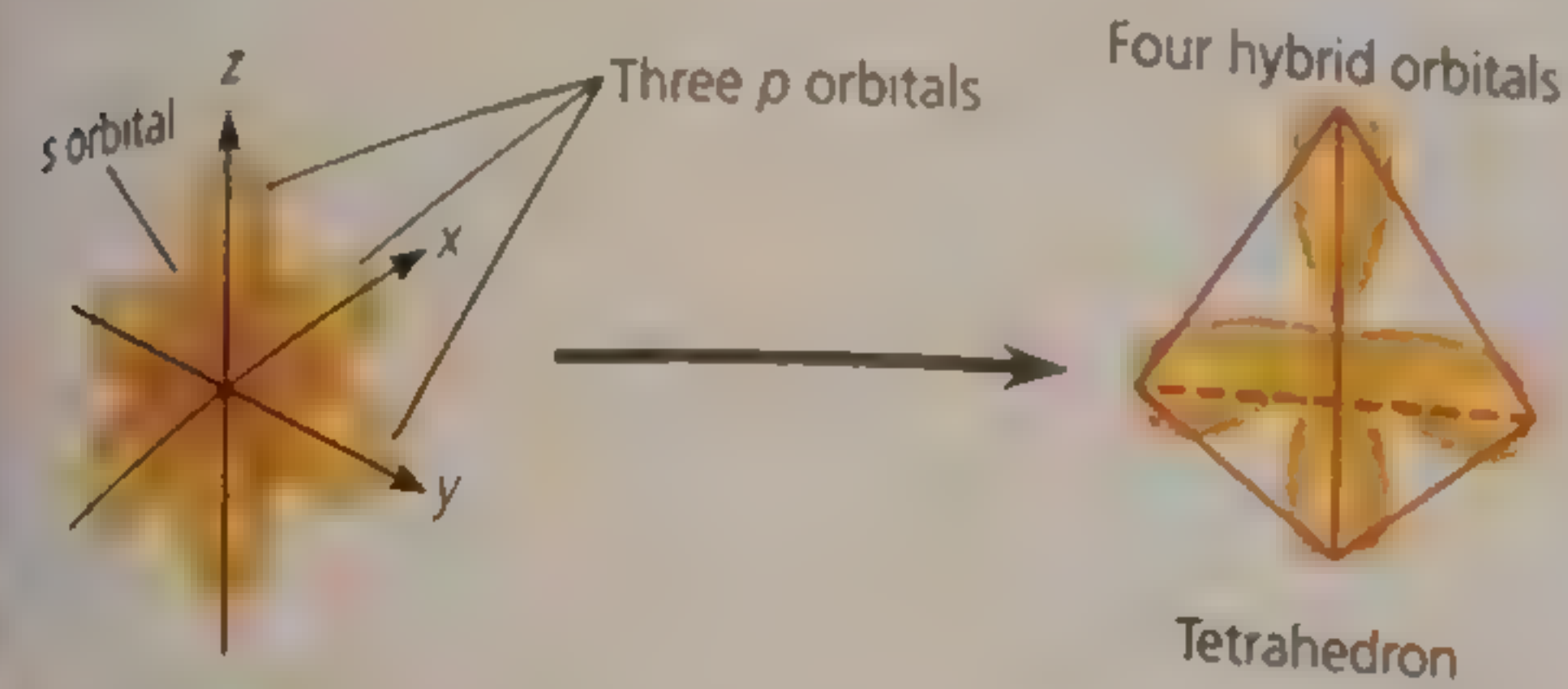
در میان انواع گوناگون پیوندهای شیمیایی ضعیف، پیوندهای هیدروژنی از اهمیت فراوانی در بیوشیمی برخوردار هستند. به گونه‌ای که آن را شایسته توجه ویژه‌ای نموده است. هنگامی که یک اتم هیدروژن با یک اتم با الکترون‌گاتیویته زیاد پیوند کووالانسی برقرار کرده باشد و به یک اتم با الکترون‌گاتیویته زیاد دیگر جذب شود، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. در سلول‌های زنده معمولاً اتم‌های نیتروژن و اکسیژن اجزای الکترون‌گاتیو دهنده پیوند هیدروژنی هستند. برای تجسم یک پیوند ساده هیدروژنی بین دو



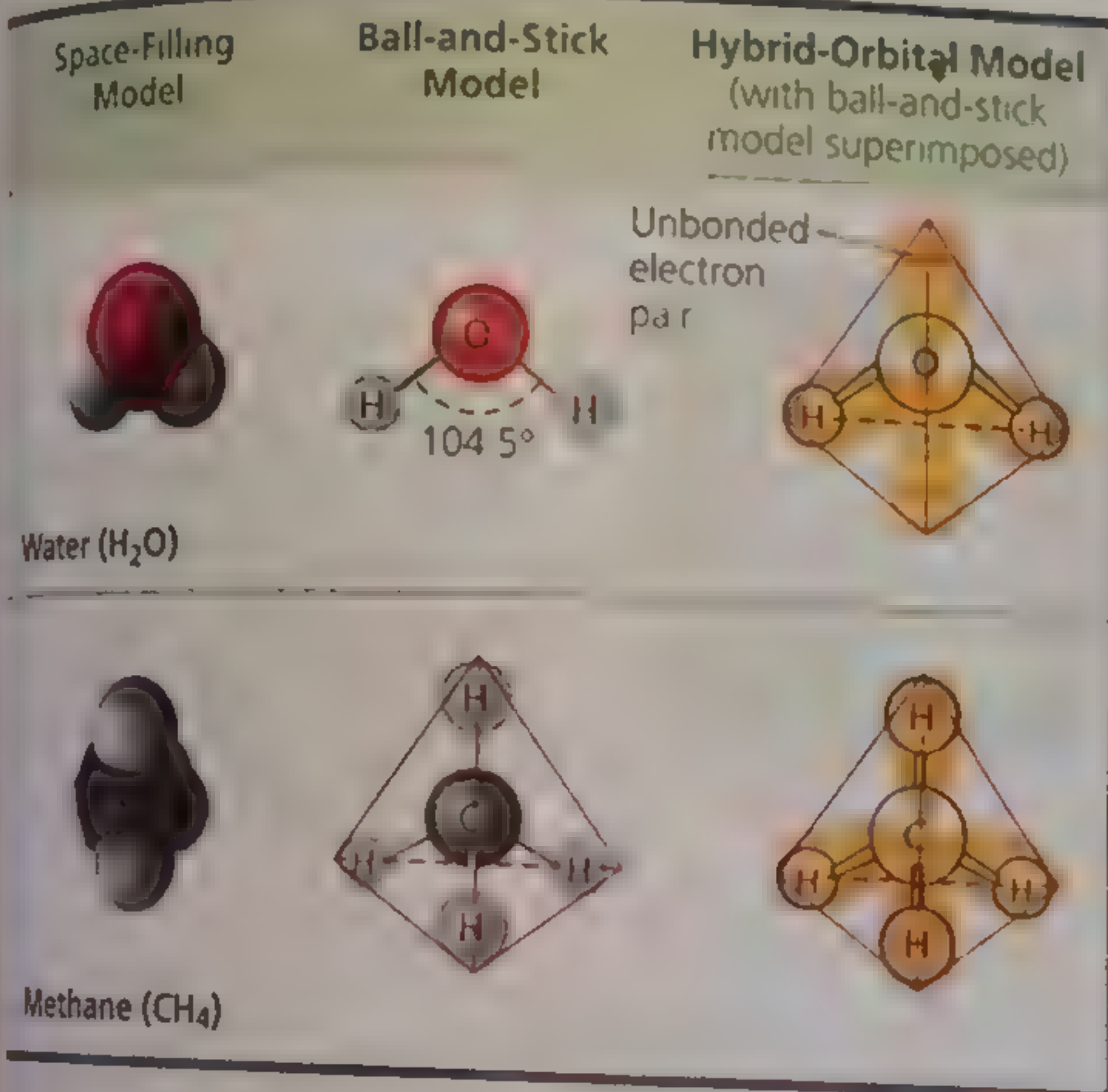
سویدهای واندروالسی، هیدروژنی، نوبی و دیگر سویدهای ضعیف به آنها امکان برقراری ارتباط بین دو مولکول را به وجود می آورند. بلکه ممکن است بین دو بخش از یک مولکول بزرگ مانند پروتئین ها نیز شوند ایجاد کند اگرچه این سویدها ضعیف هستند اما تجمع آنها به ساختار سه بعدی یک مولکول بزرگ استحکام می بخشد. در فصل ۵ مطالب بیشتری درباره نقش مهم زیستی سویدهای ضعیف خواهد آموخت.

### شکل و عملکرد مولکولی

یک مولکول، شکل و اندازه مشخصی دارد. شکل دقیق یک مولکول برای عملکرد آن در سلول از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. مولکول هایی نظیر  $O_2$  و  $H_2$  که از دو اتم تشکیل شده اند معمولاً خطی هستند اما مولکول هایی با بیش از دو اتم، اشکال پیچیده تری دارند. این اشکال با موقعیت اربیتال های اتمی تعیین

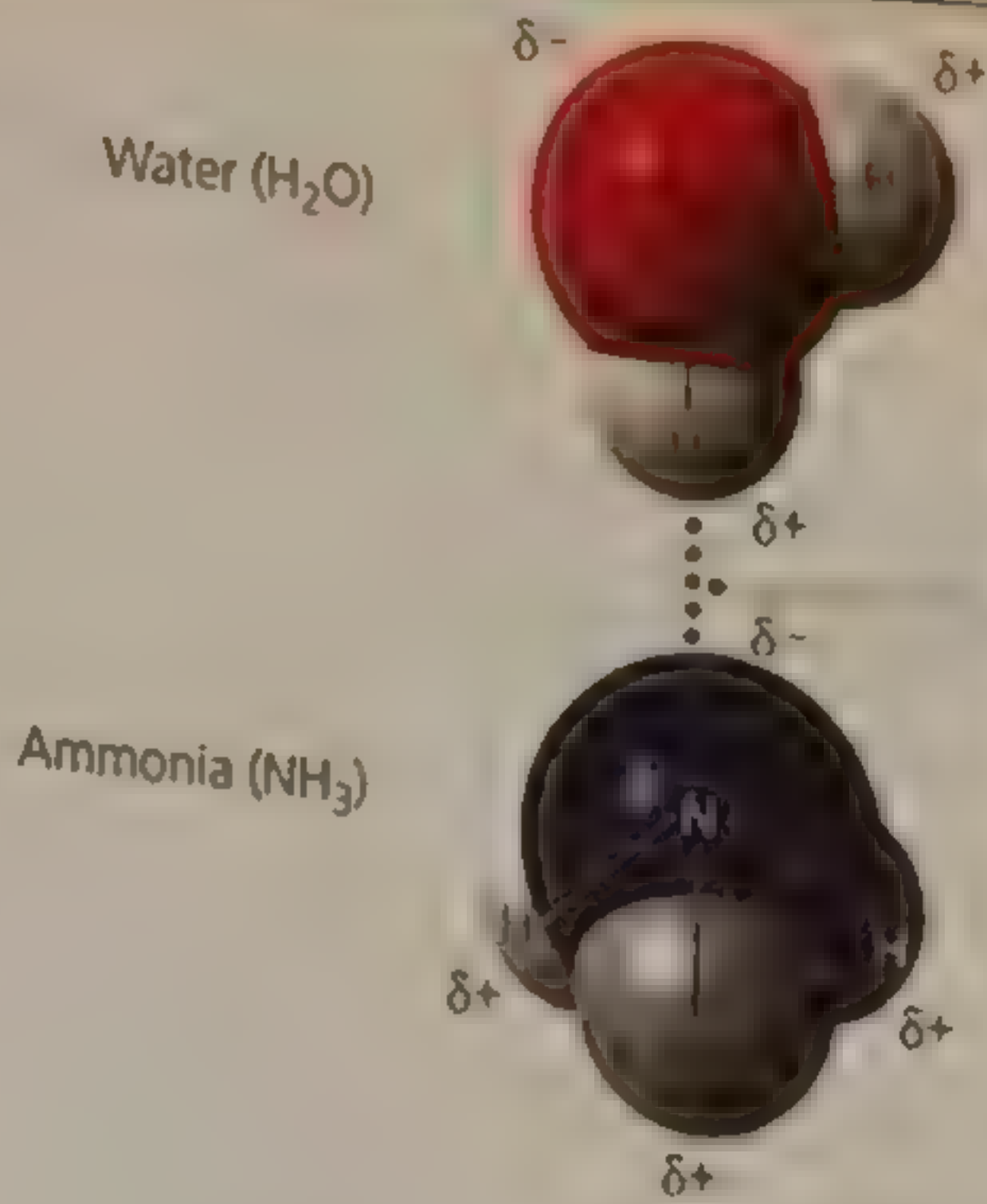


(a) هیبرید شدن اربیتال ها. یک اربیتال s و سه اربیتال p لایه ظرفیت، دخیل در سه کووالانسی، با یکدیگر ترکیب شده و چهار اربیتال هیبرید اشکی شکل را به وجود می آورند. این اربیتال ها به چهار گوشه یک چهاروجهی فرضی گسترش پیدا می کنند.



(b) الگوهای شکل های مولکولی. سه الگو برای بیان شکل مولکولی مولکول های آب و متان نشان داده شده است. موقعیت اربیتال های هیبرید تعیین کننده شکل مولکول هستند.

▲ شکل ۱۷-۲ اشکال مولکولی در نتیجه تشکیل اربیتال های هیبرید به وجود می آیند.



▲ شکل ۱۶-۲ یک پیوند هیدروژنی.

**رسم کنید:** با استفاده از فرمول ساختاری، پنج مولکول آب را رسم کنید و بارهای جزئی را نشان دهید، و نشان دهید که آنها چگونه می توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.

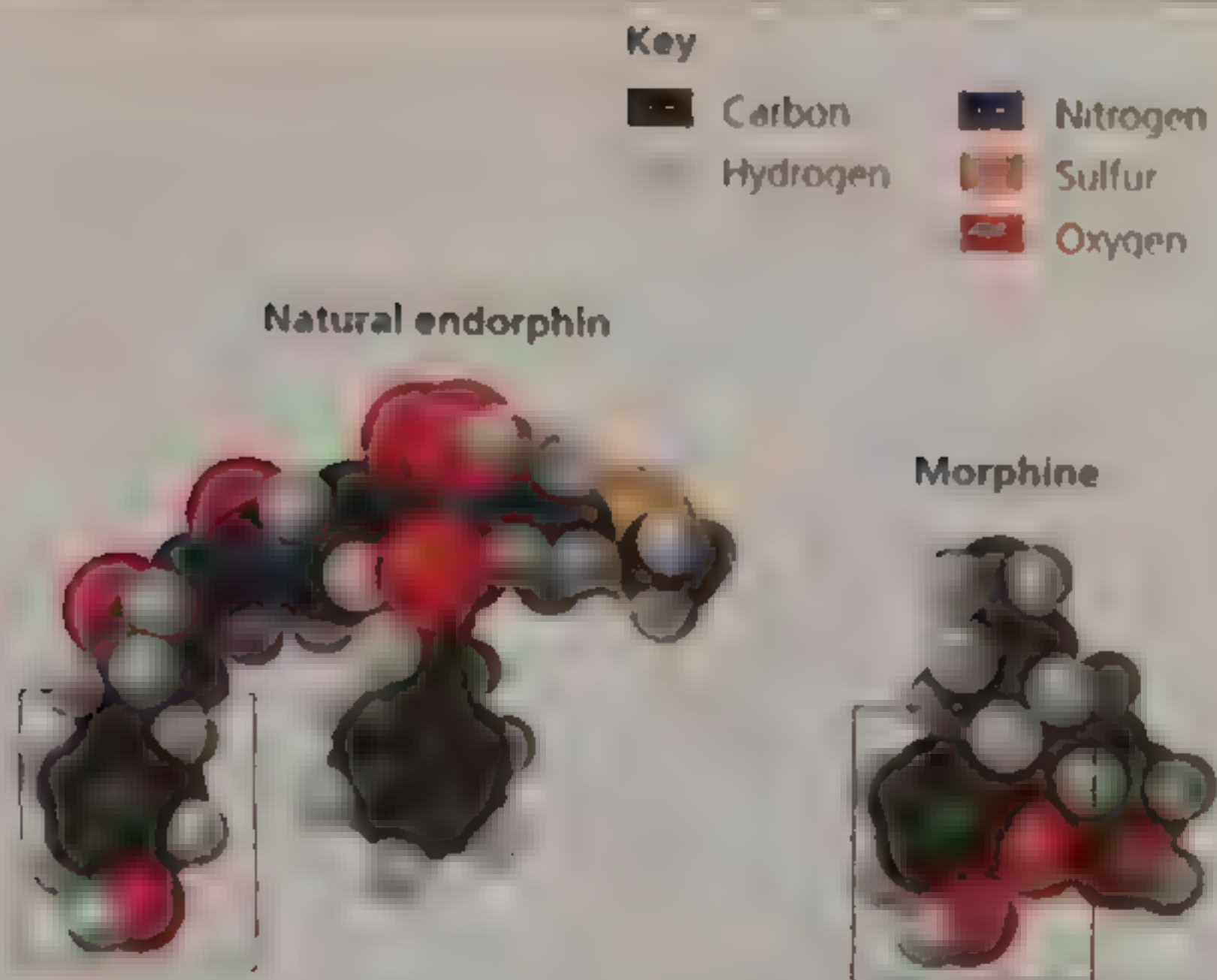
مولکول آب و آمونیاک ( $NH_3$ ) به شکل ۱۶-۲ مراجعه کنید. در فصل آینده خواهیم دید که چگونه پیوندهای هیدروژنی میان مولکول های آب، به برخی حشرات اجازه حرکت بر روی آب را می دهد.

### میانکنش های واندروالسی

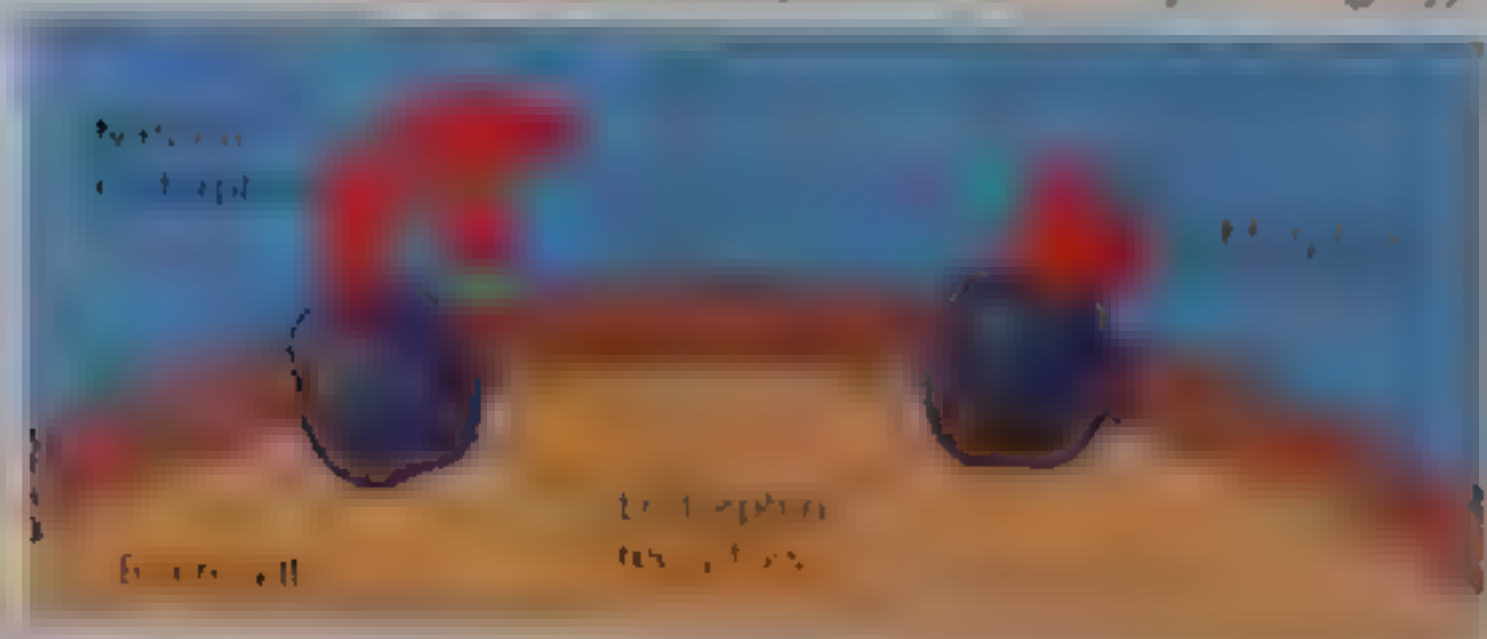
بخش های دارای بار الکتریکی مثبت و منفی ممکن است حتی در مولکول هایی که از پیوندهای کووالانسی غیرقطبی تشکیل شده اند نیز وجود داشته باشند. زیرا الکترون ها پیوسته در حرکت هستند و همیشه به طور متقارن در همه سطح مولکول پراکنده نشده اند و ممکن است در یک لحظه همگی آنها در یک بخش از مولکول و در لحظه دیگر در جای دیگر جمع شوند. نتیجه این تغییرات ناگهانی به وجود آمدن نقاط بحرانی بارهای مثبت و منفی است که همه اتم ها و مولکول ها را قادر به چسبیدن به یکدیگر می کند. میانکنش های واندروالسی بسیار ضعیفند و تنها هنگامی به وجود می آیند که اتم ها و مولکول ها بسیار به هم نزدیک شده باشند. نیروهای واندروالسی، که شرح داده شد، موجب بالا رفتن مارمولک از دیوار می شوند. هریک از پاهای مارمولک صدها هزار پرز باریک دارد که هر کدام چندین برآمدگی در نوک خود دارند. همه ی این ها سطح تماس مارمولک با دیوار را افزایش می دهند. ظاهراً پیوندهای واندروالسی که بین نوک پرزهای پای مارمولک و سطح دیوار به وجود می آیند، زمینه ایجاد پیوندهای ضعیف را به وجود می آورد که توانایی نگهداری وزن مارمولک را دارد.







(a) ساختار اندورفین و مورفین. بخش مشابه‌گذاری شده در مولکول اندورفین (سمت چپ) به گیرنده مولکولی روی سلول‌های هدف در مغز می‌پیوندد. بخش مشابه‌گذاری نشده مولکول مورفین (سمت راست) شباهت بسیاری به اندورفین دارد.



(b) اتصال به گیرنده‌های اندورفین. گیرنده‌های اندورفینی، بر روی سلول‌های مغزی نولایی اتصال به هر دو مولکول مورفین و اندورفین را دارند.

▲ شکل ۱۸-۲ یک تقلید مولکولی. مورفین تشبیه درد را با تقلید کردن از اندورفین‌های طبیعی مغز، تحت تأثیر قرار می‌دهد.

### پرسش‌های مبحث ۲-۳

۱. چرا فرمول ساختاری زیر نمی‌تواند مفهوم شیمیایی آن را بیان کند؟  

$$H-C \equiv C-H$$
۲. توضیح دهید آن‌ها در یک بلور کربن مسریم ( $MgCl_2$ ) چگونه در کنار یکدیگر بگه داسه می‌شوند؟

**چه می‌شود اگر؟** اگر شما یک محقق داروساز بودید، چرا می‌خواستید اسکل سه بعدی مولکول‌های سامرسال طبیعی پس از سامورید؟

برای ملاحظه ساختارهای پیچیده‌ای، به صفحه ۱، مراجعه کنید.

### ۲-۴ واکنش‌های شیمیایی مسئول تشکیل یا شکستن پیوندهای شیمیایی هستند

تشکیل و شکستن پیوندهای شیمیایی را که منجر به تغییر در ترکیب مواد می‌شوند، واکنش‌های شیمیایی<sup>۱</sup> می‌نامند؛ مانند واکنش میان هیدروژن و اکسیژن برای تشکیل آب:

می‌شوند. هنگامی که یک اتم پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهد، اربیتال‌های موجود در لایه ظرفیت آن تعبیر می‌کند. برای مثال در نه‌هایی که الکترون‌های ظرفیت‌شان در اربیتال‌های s و p (رست ۱۰-۲ را ببینید) وجود دارند، یک اربیتال s و سه اربیتال p با هم ترکیب شده و چهار اربیتال جدید هیبرید را به شکل قطره‌ای می‌سازند که از محل هسته اتم به سمت بیرون گسترش یافته است (شکل ۱۷a-۲). اگر انتهای بزرگ‌تر این اربیتال‌های ستی شکل را با یک خط به هم متصل کنیم، نوعی شکل هندسی به صورت یک چهاروجهی شبیه هرم خواهیم داشت. در مولکول آب، دو اربیتال هیبرید در لایه ظرفیت اتم‌های اکسیژن با اتم‌های هیدروژن به اشتراک گذاشته شده‌اند (شکل ۱۷b-۲). نتیجه این هم‌پوشانی، مولکول درسی به شکل حرف V است که در آن دو پیوند کووالانسی با یک زاویه ۱۰۴.۵ درجه‌ای از یکدیگر جدا شده‌اند.

مولکول متان ( $CH_4$ )، شکلی مانند یک چهاروجهی منتظم را دارد زیرا تمام اربیتال‌های هیبرید کربن با اتم‌های هیدروژن هم‌پوشانی کرده‌اند (شکل ۱۷b-۲ را ببینید). هسته کربن در مرکز چهاروجهی به کمک چهار پیوند کووالانسی با هسته‌های اتم هیدروژن که در چهار گوشه چهاروجهی قرار دارند، پیوند برقرار کرده است. مولکول‌های بزرگ‌تر دارای چندین اتم کربن، مانند برخی از مولکول‌های به کار رفته در مواد حیاتی، اشکال بسیار پیچیده‌تری دارند، اگرچه اشکال چهاروجهی که از اتصال کربن به چهار اتم هیدروژن به وجود می‌آیند نیز در چنین مولکول‌هایی به طور متناوب تکرار می‌شود.

شکل مولکول‌ها در زیست‌شناسی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است زیرا از سویی تعیین‌کننده نحوه تشخیص آنها و از سویی دیگر تعیین‌کننده ویژگی آنها برای واکنش با یکدیگر است. تنها، مولکول‌هایی با اشکال معین می‌توانند با پیوندهای ضعیف به یکدیگر بچسبند. یک نمونه نشان‌دهنده این واقعیت سازوکار کنترل درد است. اندورفین‌ها مولکول‌هایی طبیعی هستند که با چسبیدن به مولکول‌های خاصی به نام گیرنده بر روی سطح سلول‌های مغز، باعث ایجاد حالت نشاط و رهایی از درد می‌شوند. این عمل به وسیله مولکول‌هایی که ساختمان شبه اندورفینی دارند نیز صورت می‌گیرد. برای مثال مورفین، هروئین و برخی دیگر از مواد مخدر، عمل اندورفین‌ها را با اتصال به گیرنده‌های آن در مغز تقلید می‌کند (شکل ۱۸-۲). نقش شکل مولکول‌ها در شیمی مغز نشان‌دهنده ارتباط بین ساختار و عملکرد مولکول‌هاست که یکی از موضوعات منحصربه‌فرد زیست‌شناسی می‌باشد.



می‌بایند؛ اما بیشتر واکنش‌ها برگشت‌پذیرند، یعنی محصولات در یک واکنش شیمیایی معکوس به مواد اولیه (واکنش‌گرها) تبدیل می‌شوند. برای مثال، هیدروژن و نیتروژن می‌توانند با هم ترکیب شده و آمونیاک را بسازند، اما آمونیاک نیز می‌تواند به واکنش‌گرهای هیدروژن و نیتروژن تجزیه شود.

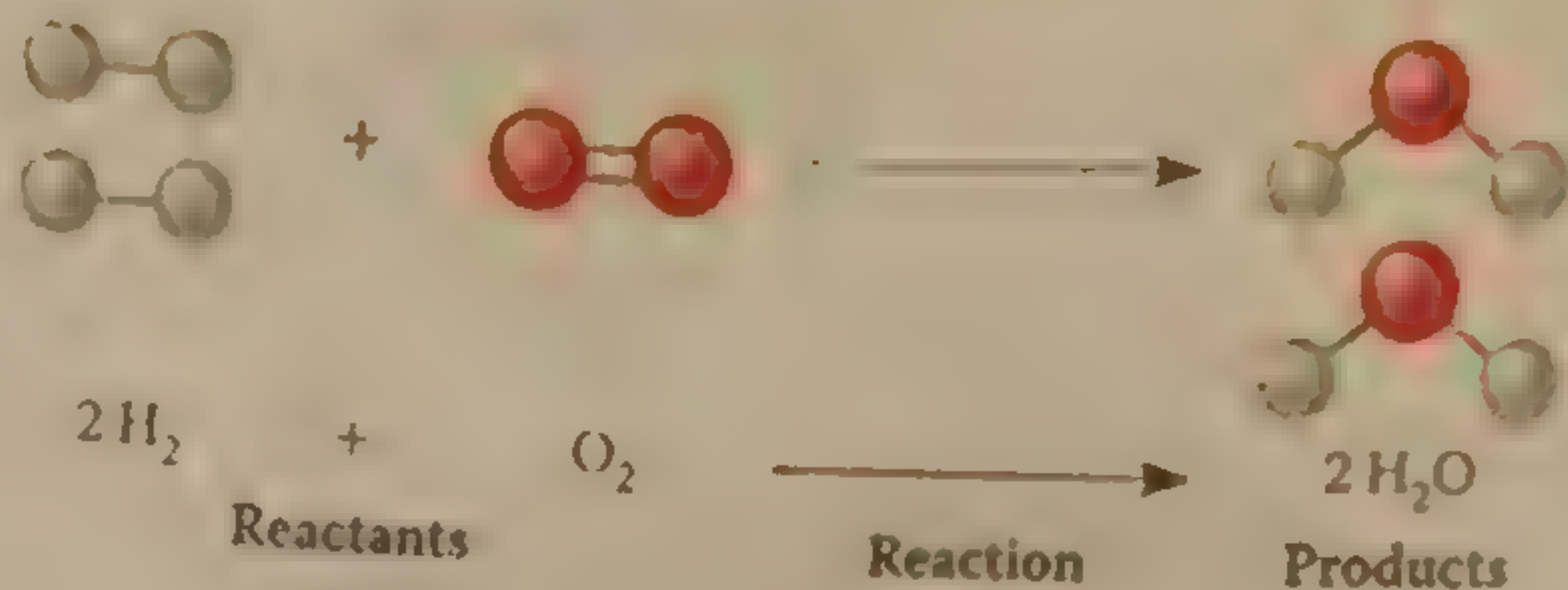


پیکان‌های معکوس نشان‌دهنده این است که واکنش برگشت‌پذیر است. یکی از عواملی که بر سرعت واکنش‌ها تأثیر دارد، غلظت واکنش‌گرهاست. غلظت بالای مولکول‌های واکنش‌گر، برخورد مولکول‌ها با یکدیگر را افزایش داده و از این راه احتمال واکنش بین آنها برای تولید فراورده را افزایش می‌دهد. عکس چنین رخدادهایی درباره فراورده‌ها نیز صورت می‌گیرد، به گونه‌ای که انباشته شدن فراورده‌ها از راه افزایش برخورد آنها با یکدیگر، احتمال واکنش‌های معکوس را افزایش می‌دهد. احتمالاً واکنش تولید فراورده‌ها، واکنش‌های معکوس با سرعت یکسانی اتفاق می‌افتند و غلظت‌های نسبی واکنش‌گرها و فراورده‌ها ثابت باقی می‌ماند. نقطه‌ای که در آن واکنش‌ها دقیقاً با یکدیگر متعادل می‌شوند تعادل شیمیایی<sup>۱</sup> نامیده



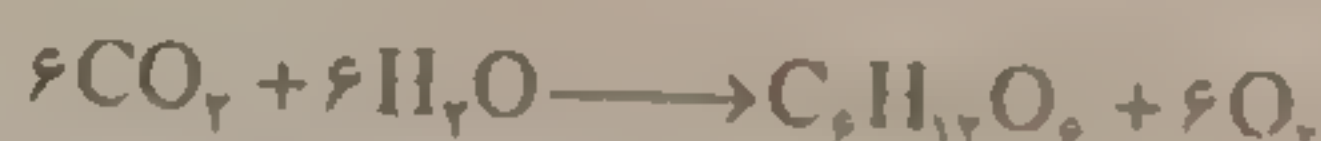
▲ شکل ۱۹-۲ فتوسنتز: تغییر مواد به کمک نور خورشید. *Elodea* (نوعی گیاه آب‌های شیرین است که طی فتوسنتز با استفاده از انرژی خورشید و با پاراریتی اتم‌های  $CO_2$  و  $H_2O$ ، قند می‌سازد بیشتر مولکول‌های قند، مولکول‌های دیگر غذایی تبدیل می‌شوند. گاز اکسیژن، فراورده حسی فتوسنتز است. شکل به حباب‌های اکسیژن که از برگ‌ها آزاد می‌شوند توجه کنید.

توضیح دهید این شکل با واکنش‌دهنده‌ها و محصولات معادله فتوسنتز که در متن آورده شده چه ارتباطی دارد (در فصل ۱۰ راجع به فتوسنتز بیشتر خواهیم آموخت).



این واکنش منجر به شکسته شدن پیوندهای کووالانسی  $H_2$  و  $O_2$  شده و پیوندهای تازه‌ای را به صورت  $H_2O$  تشکیل می‌دهد. هنگامی که یک واکنش شیمیایی نوشته می‌شود از یک پیکان برای نشان دادن تفسیر مواد اولیه که واکنش‌گر<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند به فراورده‌ها<sup>۲</sup> استفاده می‌گردد. ضرایب نشان‌دهنده تعداد مولکول‌های شرکت‌کننده در واکنش است. برای مثال، ضریب ۲ که جلوی  $H_2$  آمده است به این معنی است که واکنش با دو مولکول هیدروژن آغاز می‌گردد. به یاد داشته باشید که تعداد اتم‌های موجود در واکنش‌گرها با فراورده‌ها برابر هستند. در یک واکنش شیمیایی مقدار ماده ثابت می‌ماند، یعنی واکنش نمی‌تواند باعث افزایش ماده یا از بین رفتن آن شود، بلکه تنها آن را تغییر می‌دهد.

فتوسنتز که در سلول‌های بافت سبز گیاهان صورت می‌گیرد یک مثال بسیار مهم از چگونگی تغییر مواد به کمک واکنش‌های شیمیایی است. زندگی انسان‌ها و سایر جانوران به دلیل نیاز به غذا و اکسیژن، در نهایت بستگی به فتوسنتز دارد، فرایندی که پایه بیشتر اکوسیستم‌ها است. واکنش زیر به‌طور خلاصه فرایند فتوسنتز را نشان می‌دهد



مواد خام فتوسنتز شامل دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) و آب است؛ دی‌اکسید کربن که از هوا گرفته می‌شود و آب که از خاک جذب می‌گردد. در درون سلول‌های گیاهی با استفاده از نور خورشید این اجزا به نوعی از قند به نام گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ ) و اکسیژن ( $O_2$ ) که نوعی فراورده فرعی محسوب می‌شود و گیاه آن را به محیط اطراف آزاد می‌کند، تغییر می‌یابند (شکل ۱۹-۲). اگرچه فتوسنتز در واقع یک سلسله واکنش‌های شیمیایی پی‌درپی است، اما تعداد و نوع اتم‌های موادی که در پایان این واکنش‌ها به وجود می‌آیند دقیقاً برابر تعداد و نوع اتم‌هایی است که در ابتدای واکنش‌ها وجود داشته است. هنگامی که انرژی لازم از نور خورشید فراهم شود مواد به سادگی قابل تغییر هستند. بعضی از واکنش‌های شیمیایی هنگامی که همه واکنش‌گرها به فراورده‌ها تبدیل شدند پایان

1 - Reactants  
2 - Products

Chemical equilibrium



## پرسش‌های مبحث ۲-۴

۱. ارتباط دهید: با توجه به واکنش میان اکسیژن و هیدروژن برای تشکیل آب که به صورت مدل فضایی توپر نمایش داده شده است، نمودار لایه‌های الکترونی بیان کننده این واکنش را رسم کنید.
۲. در حالت تعادل، کدام یک سریع‌تر رخ می‌دهد: تشکیل فرآورده‌ها از واکنش گرما یا تشکیل واکنش گرما از فرآورده‌ها؟

**پاسخ:** معادله‌ای بنویسید که محصولات فتوسنتز، واکنش دهنده‌ها، و واکنش دهنده‌های فتوسنتز، محصولات آن باشد. انرژی را نیز به عنوان محصول به آن اضافه کنید. این معادله جدید فرایندی را توضیح می‌دهد که در سلول‌های شما اتفاق می‌افتد. حرئیات این معادله را شرح دهید. این معادله چه ارتباطی با تنفس دارد؟ برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

می‌سازد. در عمل نوعی تعادل دینامیک است یعنی با این‌که واکنش‌ها در حال انجام هستند ولی تأثیری بر غلظت واکنش‌گرها و فرآورده‌ها ندارند. تعادل به این معنی نیست که غلظت واکنش‌گرها و محصولات برابرند بلکه به این معنی است که غلظت این مواد در یک ساعت به خصوص ثابت باقی می‌مانند. واکنش تولید آمونیاک متعادل می‌رسد که سرعت تجزیه آن برابر با سرعت تولید آن است. در حالت تعادل مقدار آمونیاک بسیار بیشتر از هیدروژن و نیتروژن است.

در از بررسی حرئیات بیشتر انواع مولکول‌هایی که در حیات از نسبت ویژه‌ای برخوردار هستند، دوباره به موضوع واکنش‌های شیمیایی برمی‌گردیم. در فصل بعدی بر روی موضوع آب متمرکز می‌شویم. ماده‌ای که در همه مراحل واکنش‌های جانداران نقش

## 2 مرور فصل

### خلاصه مفاهیم کلیدی

۲-۱ ماده در حالت خالص از عنصر شیمیایی تشکیل شده است و در حالت ترکیب ماده مرکب نامیده می‌شود.

عنصر می‌تواند به روش شیمیایی به دیگر مواد تجزیه شوند. یک ماده مرکب از ترکیب دو یا چند عنصر به نسبت معین تشکیل شده است. کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن تقریباً ۹۶٪ ماده زنده را تشکیل می‌دهد.

نیلا به پد و آهن در رژیم غذایی از چه جهت با نیلا به کلسیم و فسفات تفاوت دارند؟

۲-۲ ویژگی‌های یک عنصر به ساختار اتم‌های آن بستگی دارد.

اتم کوچک‌ترین واحد یک عنصر است. یک اتم دارای اجزای زیر است:



در اتمی که از نظر الکتریکی خنثی است، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها با هم برابر است. تعداد پروتون‌ها عدد اتمی را تعیین می‌کند. جرم اتمی تقریباً با مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها برابر است و واحد اندازه‌گیری آن دالتون می‌باشد. تعداد نوترون‌های ایزوتوپ‌های یک

عنصر با هم متفاوت هستند. سایرین حرم اتمی‌شان با هم فرق دارد. ایزوتوپ‌های ناپایدار ذرات و انرژی را به صورت رادیواکتیو به دست می‌دهد.

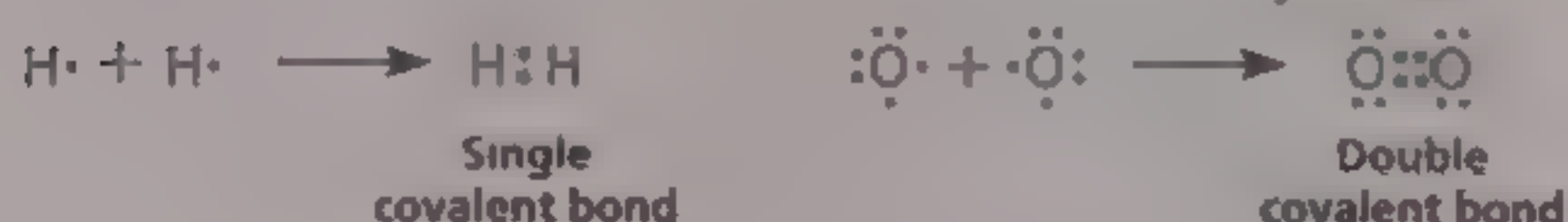
- در یک اتم، الکترون‌ها در سطوح انرژی خاصی قرار دارند که هر کدام مربوط به یکی از لایه‌های الکترونی آن اتم هستند. توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها رفتار شیمیایی اتم‌ها را تعیین می‌کند. یک اتم دارای لایه ظرفیت کامل نشده، فعال است.
- الکترون‌ها در داخل اربیتال‌ها وجود دارند.

Electron orbitals

**درهم‌کنش:** نمودارهای بورع الکترونی نیون (Ne) و آرگون (Ar) را رسم کنید. با استفاده از این نمودارها توضیح دهید که چرا این عناصر از نظر شیمیایی غیر فعالند.

۲-۳ شکل و عملکرد مولکول‌ها به پیوندهای شیمیایی بین اتم‌های آن بستگی دارد.

- پیوندهای شیمیایی زمانی شکل می‌گیرند که اتم‌ها با یکدیگر واکنش داده و لایه ظرفیت‌شان را کامل کنند. یک پیوند کووالانسی زمانی شکل می‌گیرد که یک جفت الکترون میان دو اتم به اشتراک گذاشته شود.

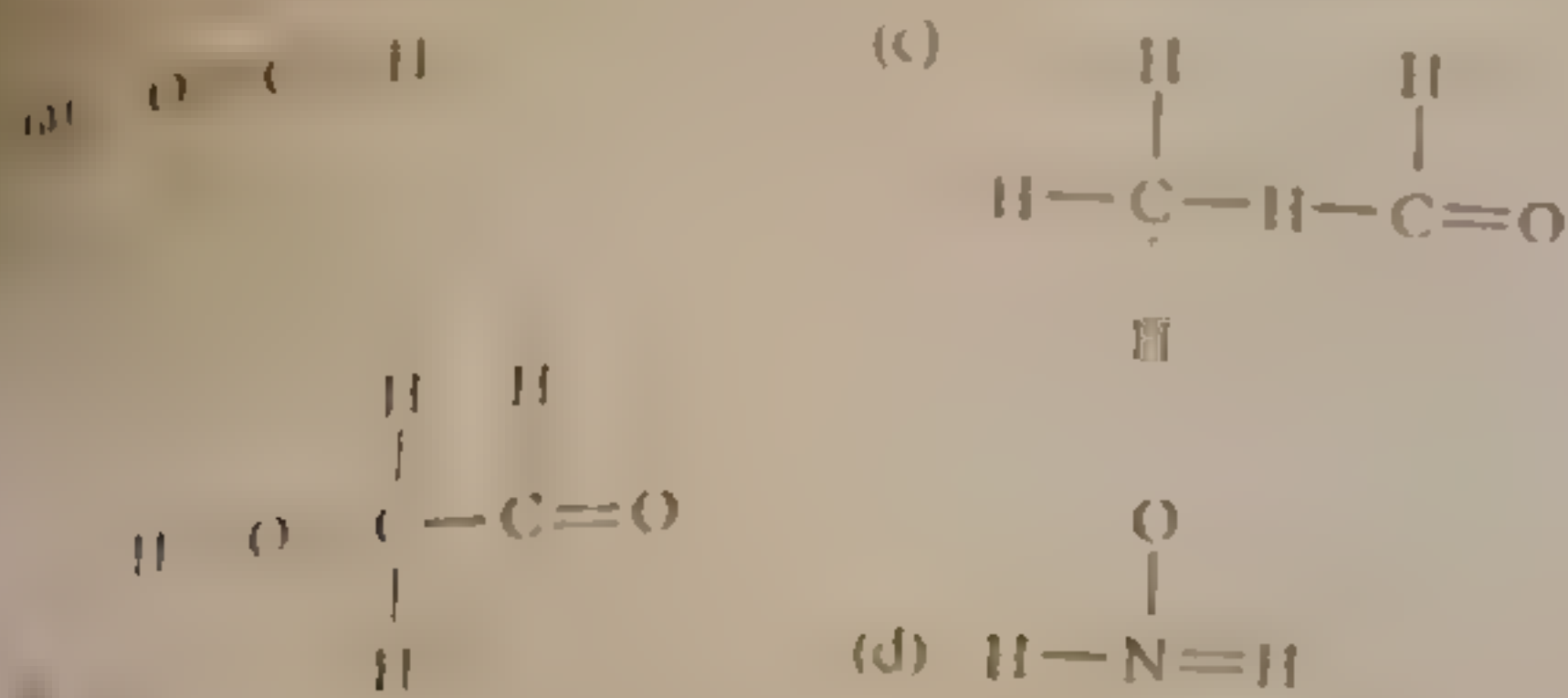




## خود را بیازمایید

با مراجعه به سایت [www.masteringbiology.com](http://www.masteringbiology.com) به سوالات چند گزینه‌ای ۸ تا ۱۰ پاسخ دهید.

۹- **رسم کنید:** با استفاده از الکترون‌های ظرفیتی هر اتم در هر نقطه‌ای لوپس را برای هر یک از مولکول‌های فرضی زیر رسم کنید. پس کنید که اتم‌های کدام مولکول دارای لایه ظرفیتی کامل بوده و کدام نه. دارای تعداد الکترون صحیح است و باعث می‌شوند آن مولکول شکل گیرد. با توجه به تعداد پیوندهایی که هر اتم می‌تواند تشکیل دهد، توضیح دهید که چه چیزی باعث می‌شود سایر مولکول‌ها تشکیل نشوند.



### ۱۰- ارتباط تکاملی

در متن آمده که درصد عناصری که بدن انسان از آنها تشکیل شده است (حدول ۱-۲ را ببینید) همانند دیگر جانداران است. برای این شباهتی که در جانداران می‌بینید چه توضیحی دارید؟

### ۱۱- تحقیق علمی

پروانه ماده ابریشم، جنس نر را با انتشار پیام‌های شیمیایی که به او پراکنده می‌کند به سوی خود جلب می‌کند. جنس نر می‌تواند این مولکول‌ها را از صدها متر دورتر تشخیص داده و به محل ابریشم می‌رود. اندام‌های حسی لازم برای چنین رفتاری در عکس به صورت اشک‌های شانه‌ای شکلی دیده می‌شوند. هر رشته از این آنتن‌ها محهر به هزار گیرنده سلولی است که ماده جاذب جنسی را تشخیص می‌دهد. براساس آن چه که در این فصل آموخته‌اید فرضیه‌ای را پیشنهاد کنید که بیان کند چگونه پروانه نر می‌تواند مولکول‌های معین را از دیگر مولکول‌هایی که در فضا وجود دارند تشخیص دهد.

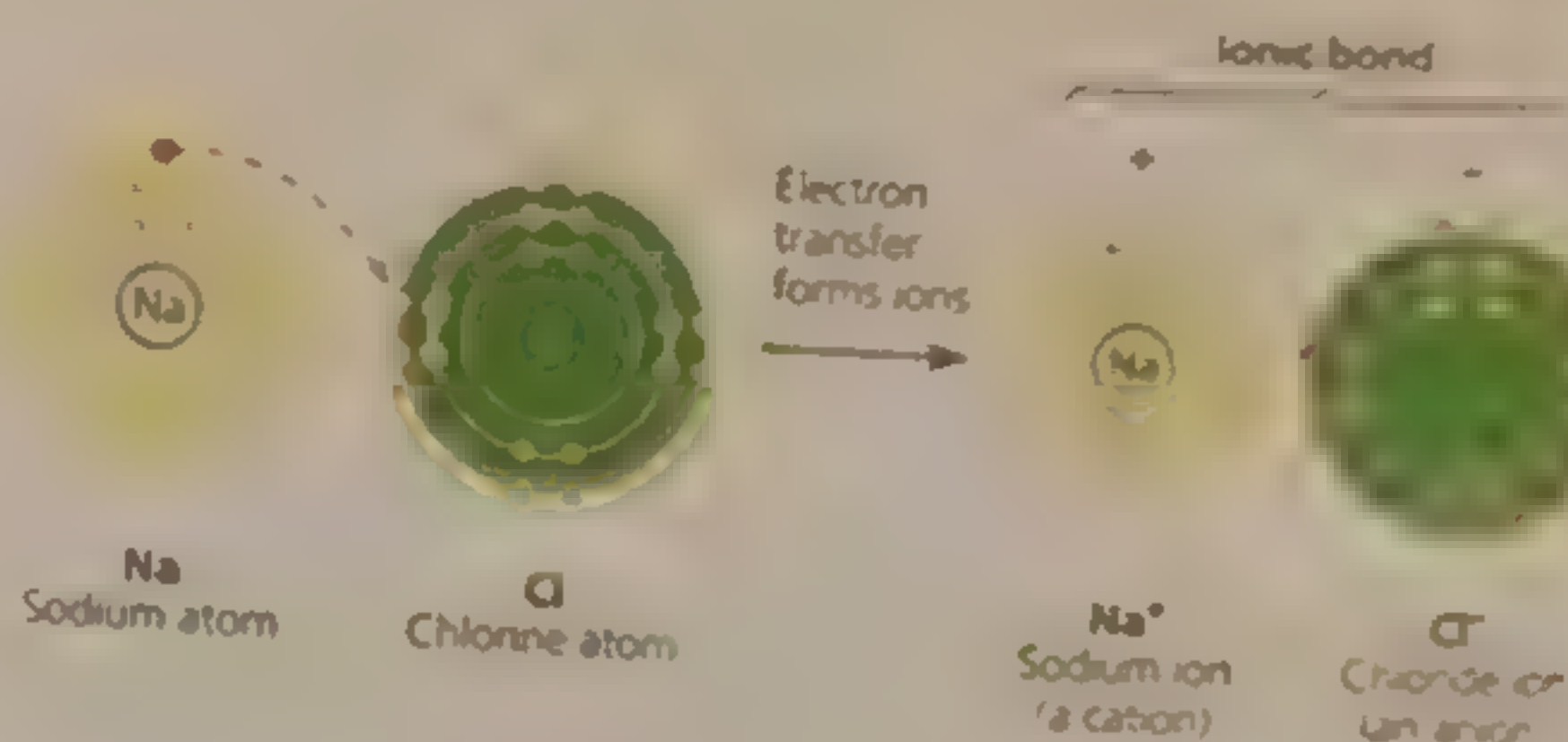


براساس چه پیشگویی، فرضیه شما به وجود آمده است؟ یک آزمایش برای سنجش این پیشگویی‌ها طراحی کنید.

### ۱۲- علم، فناوری و جامعه

نیل کمپبل هنگامی که در فرودگاه به انتظار نشسته بود ناگهانی به فرضیه به ذهنش خطور کرد که چرا این همه سوءظن و مگرانی دربارهٔ ماده الاینده صنعت کشاورزی ناشی از مواد زائد شیمیایی آنها وجود دارد. درحالی که مواد موجود در طبیعت هم از همین عناصر به وجود می‌آیند چه توضیحی برای این بحث دارید؟

مولکول‌ها دارای دو یا چند اتم هستند که با پیوند کووالانسی به هم پیوسته‌اند. الکترون‌ها در یک پیوند کووالانسی قطبی به سوی اتم الکترونگاتیوتر کشیده می‌شوند. هنگامی که دو اتم از یک جنس هستند، به سبب الکترونگاتیویته یکسانی دانه بلند پیوند کووالانسی غیرقطبی است. دو اتم ممکن است از نظر الکترونگاتیویته آنقدر با هم متفاوت باشند که یک یا چند الکترون کاملاً از یک اتم به دیگری منتقل شود. نتیجه این انتقال تولید یک یون با بار منفی (آنیون) و یک یون با بار مثبت (کاتیون) است. جاذبه بین دو یون با بار الکتریکی مخالف، پیوند یونی نامیده می‌شود.



پیوندهای ضعیف در شکل‌گیری مولکول‌های بزرگ نقش دارند و به مولکول‌ها برای چسبیدن به یکدیگر کمک می‌کنند. یک پیوند هیدروژنی نوعی جاذبه ضعیف است میان یک اتم با الکترونگاتیویته بالا و یک اتم هیدروژن با بار جزئی مثبت. میانکنش واندروالسی عبارت است از جاذبه ایجاد شده بین بارهای الکتریکی مثبت و منفی که به‌طور لحظه‌ای بین دو مولکول به‌وجود می‌آیند.

شکل یک مولکول به‌وسیله موقعیت اربیتال‌های ظرفیتی اتم‌های آن تعیین می‌شود. هنگامی که یک پیوند کووالانسی به‌وجود می‌آید، اربیتال‌های s و p لایه ظرفیت ممکن است با هم ترکیب شده و یک اربیتال هیبرید چهاروجهی را تشکیل دهند، مثل یک هرم مجاری. جنس اربیتال‌هایی می‌تواند در نتیجه تشکیل مولکول آب، متان و برخی مولکول‌های پیچیده زیستی به‌وجود آیند. شکل مولکول‌ها گاهی اساس تشخیص یک مولکول از دیگری می‌شود.

پیوندهای کووالانسی غیرقطبی و تشکیل یون‌ها را از لحاظ اشتراک الکترون بین اتم‌ها با هم مقایسه کنید.

### ۲-۴ واکنش‌های شیمیایی مسئول تشکیل یا شکستن پیوندهای شیمیایی هستند

در واکنش‌های شیمیایی، ضمن این که ماده حفظ می‌شود، واکنش‌گرها به فرآورده‌ها تبدیل می‌شوند. همهٔ واکنش‌های شیمیایی از نظر تنوری برگشت‌پذیرند. تعادل شیمیایی هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر شوند.

اگر واکنش‌گرهای بیشتری به یک واکنش که در حال تعادل است اضافه شوند، غلظت فرآورده‌ها چه تغییری خواهند کرد؟



# آب منشأ حیات

▲ شکل ۱-۳ به نظر شما چرا زیستگاه خرس قطبی به شیمی آب وابسته است؟

## مفاهیم کلیدی

- ۱-۳ پیوندهای کووالان قطبی در مولکول‌های آب موجب تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شوند
- ۲-۳ چهار ویژگی بارز آب، زمین را برای استقرار حیات مناسب ساخته است
- ۳-۳ شرایط اسیدی و بازی، جانداران را تحت تأثیر قرار می‌دهد

## نگاه کلی

### مولکولی که از همه اشکال حیات پشتیبانی می‌کند

اگر شما انسان در بررسی‌های تازه خود سیارات جدیدی را پیدا کرده‌اند که به دور ستاره‌ها در حال گردش هستند. آنها امیدوارند شواهدی را مبنی بر وجود آب در این اجرام آسمانی دور بیابند، ماده‌ای که امکان حیات را همانند آنچه در زمین یافت می‌شود، فراهم می‌کند. دیگر جانداران عمدتاً از آب ساخته شده است و در محیطی که با آب دربر گرفته شده، زندگی می‌کنند. آب محیط زیستی را بر روی زمین و احتمالاً بر روی دیگر سیارات فراهم می‌آورد.

حیات بر روی زمین از درون آب آغاز شد؛ یعنی سه میلیارد سال پیش از اینکه حیات بر روی خشکی گسترش یابد. حیات امروزی و حتی زندگی در خشکی، وابسته به آب باقی مانده است. همه جانداران به آب بیش از دیگر مواد نیازمندند. برای مثال، انسان می‌تواند چند هفته بدون غذا زندگی کند، درحالی که بدون آب بیش از یک هفته یا کمی بیشتر قادر به ادامه زندگی نیست. مولکول‌های آب در بیشتر واکنش‌های شیمیایی که برای ادامه حیات ضروری هستند نقش دارند. بیشتر سلول‌ها درحالی با آب احاطه شده‌اند که

نزدیک به ۷۰-۹۵ درصد ساختمان‌شان نیز از آب ساخته شده است. سه چهارم سطح زمین از آب پوشیده شده است اگرچه بیشتر این آب به شکل مایع است ولی آب به صورت یخ و بخار نیز در زمین یافت می‌شود. آب، تنها ماده‌ای است که در طبیعت به سه شکل فیزیکی ماده، یعنی جامد، مایع و گاز، وجود دارد. به علاوه، یخ می‌تواند بر روی آب شناور شود، ویژگی نادری که از شیمی مولکول آب ناشی می‌شود. بنابراین یخ می‌تواند زیستگاهی را برای جانورانی مثل خرس قطبی فراهم کند (شکل ۱-۳) فراوانی آب دلیل اصلی قابل سکونت بودن زمین است. در یکی از بهترین کتاب‌هایی که در زمینه بوم‌شناسی به رشته تحریر در آمده است، یعنی کتاب «قابلیت محیط زیست»<sup>۱</sup>، از لارنس هندرسون<sup>۲</sup> که یک دانشمند بوم‌شناس است، اهمیت آب برای حیات به خوبی نشان داده شده است. تأکید آقای هندرسون بر اینکه هریک از اشکال حیات نیازمند یک محیط مناسب است، هنگامی مورد پذیرش قرار می‌گیرد که بدانیم حیات با محیط زیست پیرامون خود از طریق انتخاب طبیعی به سازگاری می‌رسد.

در این فصل خواهید آموخت که چگونه ساختمان مولکول آب اجازه تشکیل پیوندهای شیمیایی ضعیف بین مولکول‌های آب و یا سایر مولکول‌ها را می‌دهد. این ویژگی آب، خواص منحصر به فردی را به آن می‌دهد که در استقرار حیات بر روی سیاره ما نقش به‌سزایی دارند. هدف از این فصل کسب اطلاعات بیشتر درباره این ویژگی‌های آب است.

1 - The Fitness of the Environment

2 - Lawrence Henderson



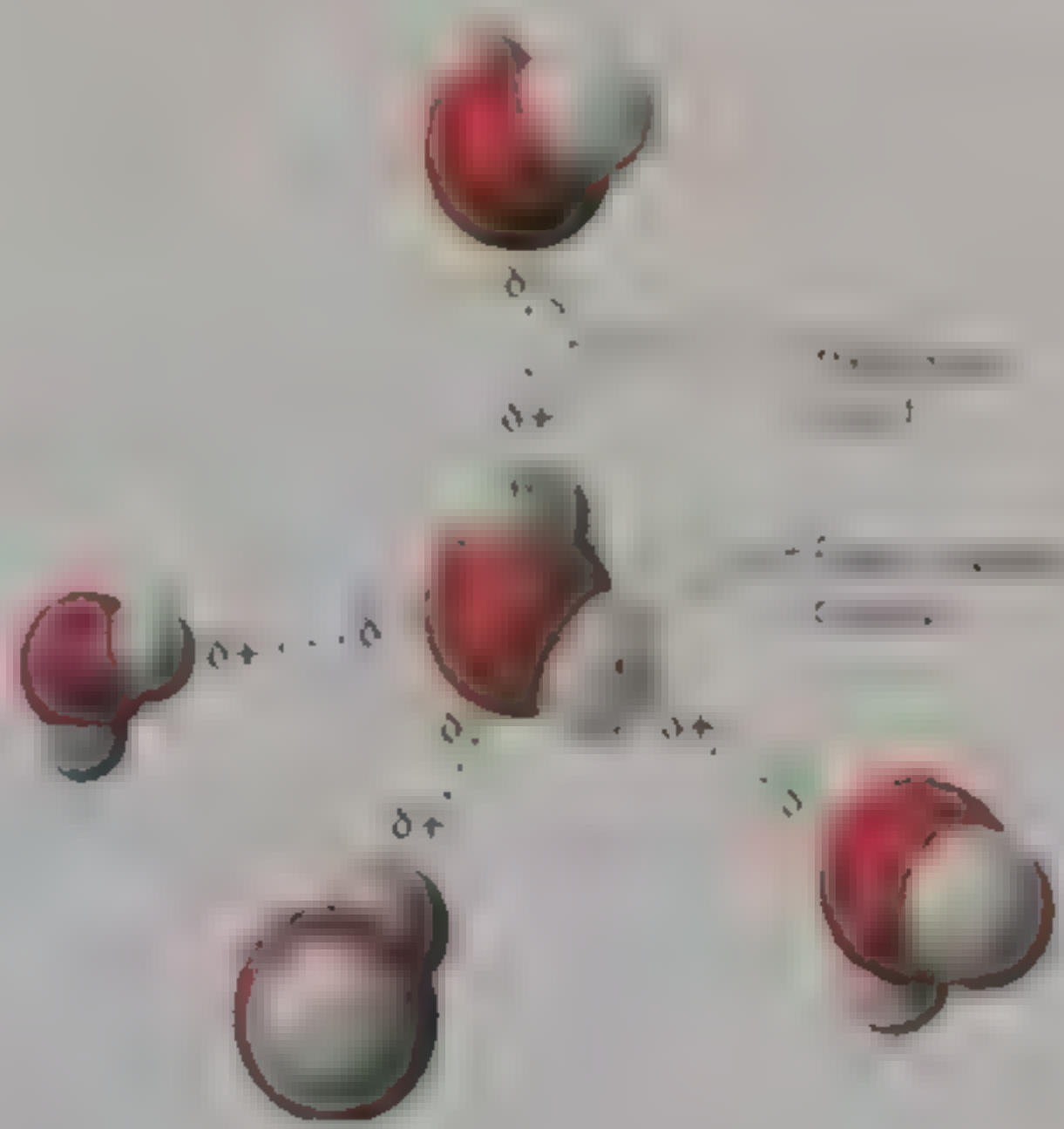
### ۳-۱ پیوندهای کووالان قطبی در مولکول‌های آب موجب

#### تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شوند

آب از قدر معمولی و عادی است که به راحتی می‌توان از این واقعیت که ماده‌ای استثنایی با ویژگی‌هایی فوق‌العاده است، چشم‌پوشی کرد. در واقع، رفتار منحصر به فرد آب را می‌توان به ساختمان و میانکنش‌های بین مولکولی آن نسبت داد.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که مولکول آب به نحو فریبنده‌ای ساده است. در مولکول آب دو اتم هیدروژن وجود دارد که هر کدام با یک پیوند کووالانسی به یک اتم اکسیژن پیوند شده‌اند. چون اکسیژن نسبت به هیدروژن الکترون دوست‌تر (الکترونگاتیوتر) است، الکترون‌های پیوند میان دو اتم، بیشتر اوقات پیرامون اتم اکسیژن در گردش‌اند. به بیانی دیگر، پیوندهایی که در مولکول آب اتم‌ها را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند، پیوندهای کووالانسی قطبی هستند. مولکول آب که شبیه یک V باز است، یک مولکول قطبی<sup>۱</sup> است، به این معنی که دو انتهای مخالف مولکول، بار الکتریکی مخالف دارند؛ بخشی از مولکول که اکسیژن در آن جای دارد، بار جزئی منفی دارد ( $\delta^-$ ) و بخش دیگری از مولکول که هیدروژن در آن قرار گرفته، دارای بار جزئی مثبت است ( $\delta^+$ ).

ویژگی‌های غیرعادی آب از کشش میان این مولکول‌های قطبی ناشی می‌شود. این کشش نوعی جاذبه الکتریکی است که میان بار جزئی مثبت هیدروژن در یک مولکول با بار جزئی منفی اکسیژن در مولکول محاور وجود دارد. به این ترتیب دو مولکول آب با یک پیوند هیدروژنی در کنار یکدیگر نگه داشته می‌شوند (شکل ۲-۳). اگرچه شوه قرار گرفتن مولکول‌ها در آب مایع، پیوسته در حال تغییر



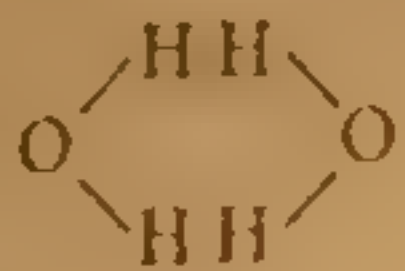
### ▲ شکل ۲-۳ پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، بخش‌های

باردار مولکول قطبی آب به سوی بخش‌های با بار الکتریکی مخالف در مولکول‌های کناری کشیده می‌شوند. هر مولکول می‌تواند با چندین مولکول دیگر پیوند هیدروژنی برقرار کند. و این ارتباط‌ها، پیوسته در حال دگرگونی هستند.

### پرسش‌های مبحث ۱-۳

۱. الکترونگاتیویته چیست و چگونه بر مابینکس‌های بین مولکول‌های آب اثر می‌گذارد؟

۲. چرا قرار گرفتن دو مولکول آب در کنار هم به شکل زنجیر دور از هم به نظر می‌رسد؟



۳. چرا اکسیژن و هیدروژن الکترونگاتیویته بکسی داشتند، چه تأثیری بر ویژگی‌های مولکول آب داشت؟

برای ملاحظه پاسخ‌های سینه‌بندی، به ضمیمه ۱، مراجعه کنید.

### ۳-۲ چهار ویژگی بارز آب، زمین را برای استقرار حیات

#### مناسب ساخته است

در این مبحث چهار ویژگی برجسته آب که زمین را محیطی مناسب برای حیات قرار داده است بررسی خواهد شد. این ویژگی‌ها عبارتند از: قدرت چسبندگی، توانایی معتدل نگه‌داشتن دما، افزایش حجم آن پس از یخ‌زدن و حلال بودن آن.

### چسبندگی مولکول‌های آب

مولکول‌های آب با پیوندهای هیدروژنی در کنار یکدیگر بقی می‌مانند. هنگامی که آب به صورت مایع است، پیوندهای هیدروژنی بسیار شکننده و نزدیک به  $\frac{1}{4}$  قدرت یک پیوند کووالانسی هستند. این پیوندها به سرعت تشکیل شده، شکسته می‌شوند و دوباره تشکیل می‌گردند. هر پیوند هیدروژنی چند تریلیونم ثاب باقی می‌ماند اما مولکول‌ها پیوسته در حال تشکیل پیوندهای جذب با مولکول‌های پیرامون خود هستند. بنابراین، در هر لحظه درص قابل توجهی از مولکول‌های آب به هم متصل شده‌اند. این ویژگی آن را نسبت به بیشتر مایعات دیگر سازمان‌یافته‌تر می‌سازد. در محلول پیوندهای هیدروژنی، مواد را در فرایندی به نام هم‌چسبی<sup>۲</sup>، پیوند نگه می‌دارند.



فل از سرور بر کردن روی لبه لیوان می ایستد. در مثالی از طبیعت، برخی از جانوران می توانند روی آب بایستند، راه بروند و بمانند، بدون اینکه در سطح آن شکافی ایجاد شود (شکل ۳-۴)

### تعدیل درجه حرارت توسط آب

آب با گرفتن گرما، دمای هوای گرم تر پیرامون خود را کاهش می دهد و گرمای ذخیره شده را پس از خنک تر شدن هوا، از خود اراد می کند. آب به عنوان یک مخزن گرما کار می کند زیرا می تواند مقادیر نسبتاً زیادی از گرما را جذب یا اراد کند درحالی که دمای آن تغییرات بسیار کمی خواهد کرد برای درک این پویایی آب ابتدا باید نگاهی گذرا به دما و گرما داشته باشیم

### گرما و دما

هر چیزی که حرکت می کند انرژی جنبشی<sup>۳</sup>، یا انرژی حرکتی دارد. آن ها و مولکول ها انرژی جنبشی دارند زیرا همیشه در حال حرکت هستند. اگرچه این حرکت الزاماً در جهت خاصی صورت نمی گیرد. هر چه حرکت مولکول شدیدتر باشد، انرژی جنبشی بیشتری دارد. گرما، انرژی ای که از مجموع انرژی جنبشی همه مولکول های موجود در ماده است. دما، مقیاسی برای اندازه گیری شدت گرماست که میانگینی از انرژی جنبشی مولکول ها می باشد هنگامی که میانگین سرعت مولکول ها افزایش می یابد، دما سطح، دمای بالاتری را نشان می دهد. گرما و دما باهم ارتباط دارند، اما یکی نیستند. یک شناگر که در حال شنا در عرض کانال انگلیس است، دمای بالاتری نسبت به آب دارد، اما اقیانوس به دلیل حجم خیلی زیادش از گرمای بسیار بالاتری برخوردار است.



▲ شکل ۳-۴ راه رفتن بر روی آب، کشش سطحی بالای آب، که در نتیجه دما و گرما، سبب می شود پدیده ای هیدروزی داشته باشد. این موضوع باعث می شود تا بر روی سطح تالاب راه بروند



▲ شکل ۳-۴ انفعال آب در گیاهان، که سبب می شود پدیده ای هیدروزی داشته باشد. این موضوع باعث می شود تا بر روی سطح تالاب راه بروند

در هیدروزی، به انفعال آب و مواد معدنی که در سلول های هادی می کشد (شکل ۳-۳)، آب از سلول های هادی به برگ ها می رسد. هنگامی که پوند های هیدروزی موجب می شوند مولکول های آب را خارج می شوند مولکول های زیرین را بکشند و این سلول های هادی آب تا ریشه ها انفعال پیدا می کنند. دگرجسی، یعنی چسبیدن یک ماده به ماده دیگر نیز در این پدیده نقش دارد. دگرجسی آب به دیواره سلول ها، به حرکت می دهد.

کشش سطحی (مقدار نیروی لازم برای کشش یا شکافتن سطحی) سبب می شود که آب در سطحی خاص به دیگر مایعات دارد. مولکول های آبی که در سطح قرار گرفته اند جنبشی مرتب و منظم دارند، و با یکدیگر و مولکول های زیر خود پیوند هیدروزی دارند. این موضوع باعث می شود آب از یک لایه نامرتبی پوشیده شود. کشش سطحی آب را می توان با اثر کردن آرام یک لیوان پر از آب دیده در این حالت آب

3 - Kinetic energy  
4 - Heat  
5 - Temperature

1 - Adhesion  
2 - Surface tension



#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپیاد\_با\_لیپازبوک

برای اولین بار

جلد اول بیولوژی عمومی کمپبل

« رایگان »

تهیه و تنظیم : لیپازبوک

@lipasebook

@lipasebookbot

انحصاری لیپازبوک

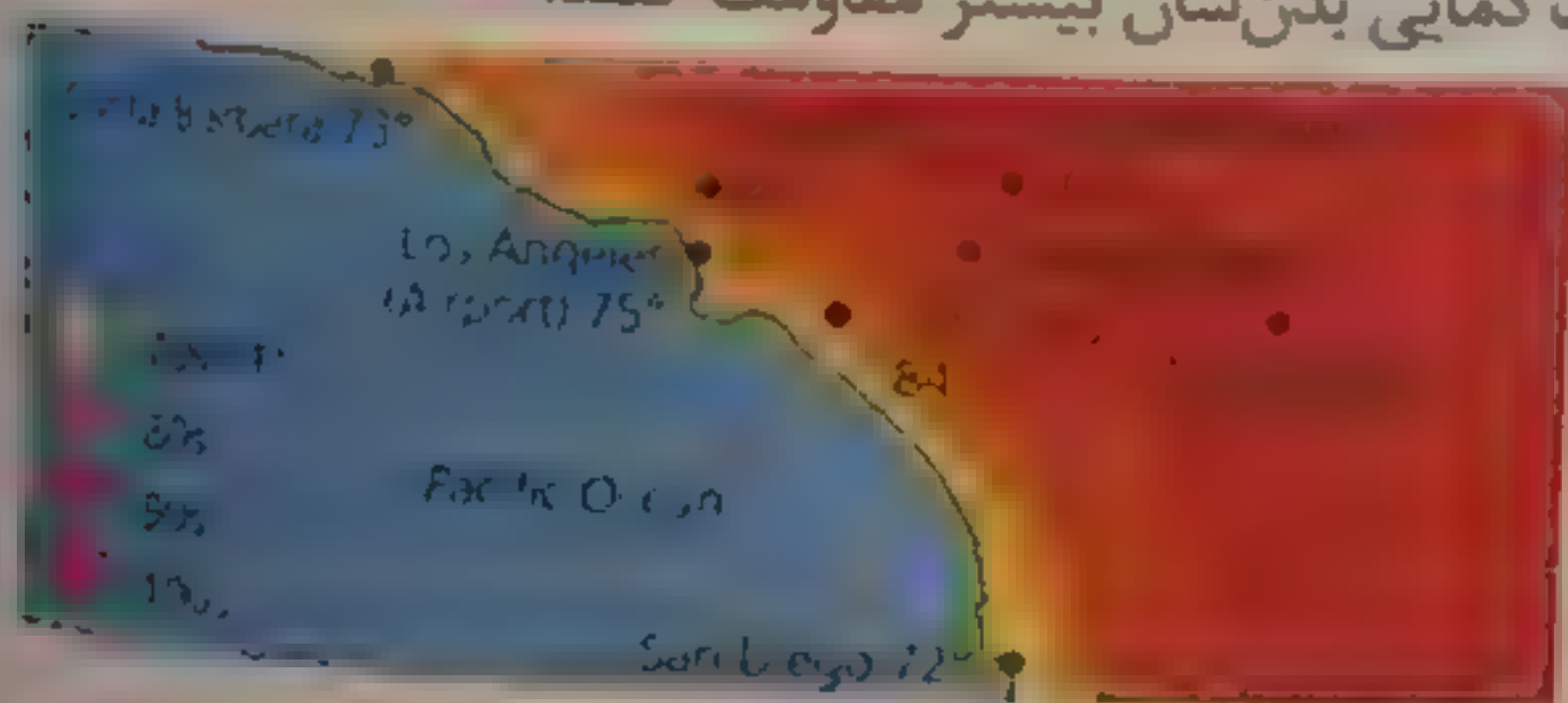
ما را در تلگرام با آیدی های بالا دنبال کنید .



چون آب گرمای ویژه بیشتری نسبت به دیگر مواد دارد، در برابر جذب مقدار معینی گرما، دمای آب نسبت به مواد دیگر کمتر افزایش پیدا می‌کند. دلیل اینکه انگشتان شما پس از تماس با دسته فلزی یک کتری که آب درون آن هنوز نیمه گرم است می‌سوزد این است که، گرمای ویژه آب ده برابر آهن است. به عبارت دیگر، یک گرم آهن تنها نیاز به ۱/۰ کالری برای افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای خود دارد. گرمای ویژه می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای میزان مقاومت مواد نسبت به تغییرات دما، در هنگام جذب یا آزاد کردن گرما، در نظر گرفته شود. آب در برابر تغییرات درجه حرارت مقاومت می‌کند؛ هنگامی که دمای آب تغییر می‌کند، اندازه‌های نسبتاً زیادی از گرما را باید به ازای هر درجه تغییر دما، گرفته و یا از دست بدهد.

می‌توان گرمای ویژه بالای آب را نیز مانند دیگر ویژگی‌های آب به پیوندهای هیدروژنی ارتباط داد. برای شکستن پیوندهای هیدروژنی گرما مصرف می‌شود و هنگام تشکیل پیوندهای هیدروژنی گرما آزاد می‌گردد. یک کالری گرما، تغییرات اندک دمای را در آب سبب می‌شود زیرا بیشتر گرمای مورد استفاده، صرف شکستن پیوندهای هیدروژنی می‌شود تا صرف افزایش حرکت مولکول‌ها. و هنگامی که دمای آب به آرامی کاهش می‌یابد تعدادی پیوند هیدروژنی جدید تشکیل می‌شود و به همین دلیل انرژی ناشی از تشکیل پیوند به صورت گرما آزاد می‌گردد.

چه ارتباطی میان گرمای ویژه بالای آب و حیات بر روی زمین وجود دارد؟ حجم زیادی از آب می‌تواند مقادیر بسیار زیادی از گرمای خورشید را در طول روز و در تابستان جذب کند، در حالی که تنها چند درجه گرم‌تر می‌شود. در طول شب و فصل زمستان، سرد شدن تدریجی آب می‌تواند باعث گرم شدن هوا شود. به همین دلیل معمولاً بخش‌های ساحلی از بخش‌های داخل کشور، آب و هوای معتدل‌تری دارند (شکل ۵-۳). بنابراین، به خاطر گرمای ویژه بالای آب و با توجه به پوشیده شدن بخش اعظم سطح زمین از آب، زمین در برابر افت و خیزهای دمایی محافظت می‌شود. همچنین چون آب ماده اصلی سازنده بدن جانداران است، آنها می‌توانند نسبت به هنگامی که احتمالاً بدن‌شان از یک مایع با گرمای ویژه پایین‌تر ساخته شده بود، در برابر تغییرات دمایی بدن‌شان بیشتر مقاومت کنند.



▲ شکل ۵-۳ تأثیر مقدار زیاد آب بر اقلیم

کند کردن گرما، اقلیم سواحل را تعدیل می‌کند. در این مثال از یکی از روزهای شهریور ماه کالفرنیا، جنوبی، اقیانوس نسبتاً سرد با جذب گرمای هوای ساحلی را کاهش می‌دهد.

هرگاه دو شیء که دمای متفاوت دارند در کنار هم قرار بگیرند، تا هنگامی که درجه حرارت هر دو یکسان شود، گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل می‌شود. سرعت مولکول‌ها در جسم سردتر، با گرفتن انرژی جنبشی از جسم گرم‌تر، افزایش می‌یابد. یک تکه یخ، یک نوشیدنی را نه به دلیل افزودن سرما به آن، بلکه با گرفتن گرمای آن و ذوب شدن خودش خنک می‌کند.

ما در این کتاب مقیاس سلسیوس<sup>۱</sup> را برای نشان دادن دما به کار می‌بریم. (درجه سلسیوس به اختصار با °C نشان داده می‌شود) در سطح دریا، آب در صفر درجه سانتی‌گراد یخ می‌زند و در ۱۰۰°C به جوش می‌آید. دمای بدن انسان به طور متوسط ۳۷°C است و دمای مناسب برای اتاق بین ۲۵°C - ۲۰°C می‌باشد.

یکی از واحدهای مناسب برای گرما که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته، کالری<sup>۲</sup> (cal) است. یک کالری مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم آب به اندازه ۱°C است. در عین حال، یک کالری مقدار گرمایی است که یک گرم آب از دست می‌دهد تا یک درجه سانتی‌گراد سرد شود. یک کیلوکالری (kcal)<sup>۳</sup> یا به عبارتی هزار کالری، مقدار گرمای لازم برای افزایش یک درجه سانتی‌گرادی دمای یک کیلوگرم آب است. (کالری‌های روی بسته‌های مواد غذایی در واقع کیلوکالری هستند). دیگر واحد انرژی که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته، ژول<sup>۴</sup> (J) است. یک ژول برابر ۰/۲۳۹ کالری است و یک کالری برابر ۴/۱۸۴ ژول است.

### گرمای ویژه بالای آب

توانایی آب در تثبیت درجه حرارت، به گرمای ویژه بالای آب مربوط می‌شود. گرمای ویژه یک ماده عبارت است از مقدار گرمایی که یک گرم از آن ماده باید جذب کند (یا از دست بدهد) تا دمای آن ۱°C تغییر کند. پیش از این، گرمای ویژه آب را شناختیم زیرا همان گونه که در تعریف کالری گفته شد، یک کالری مقدار گرمایی است که دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی‌گراد تغییر می‌دهد. سایرین گرمای ویژه آب، یک کالری بر گرم بر درجه سلسیوس است (به اختصار ۱ cal / g.°C). در مقایسه با دیگر مواد، آب از گرمای ویژه بالا و غیرمعمولی برخوردار است. برای مثال، گرمای ویژه اتیل الکل، یکی از انواع الکل‌های مشروبات الکلی، ۰/۶ cal / g.°C است. یعنی تنها ۰/۶ کالری لازم است تا دمای یک گرم اتیل الکل یک درجه سانتی‌گراد افزایش یابد.

- 1 - Celsius scale
- 2 - Calorie (cal)
- 3 - kilocalorie (kcal)
- 4 - Joule (J)



## حک شدن به کمک تبخیر

مولکول‌های همه مایعات به دلیل اینکه یکدیگر را جذب می‌کنند، نزدیک به هم باقی می‌مانند. مولکول‌هایی که با سرعت زیادی حرکت می‌کنند و می‌توانند بر این جاذبه غالب شوند، از حالت مایع بیرون آمده و به صورت یک گاز وارد هوا می‌شوند. تغییر حالت ماده از مایع به گاز، تبخیر<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. به یاد بیاورید که سرعت حرکت مولکول‌ها متفاوت است و دمای یک ماده، متوسط انرژی جنبشی مولکول‌هاست. حتی در دماهای پائین، سریع‌ترین مولکول‌ها می‌توانند در هوا آزاد شوند. در هر دمایی مقداری تبخیر صورت می‌گیرد؛ برای مثال یک لیوان آب در دمای اتاق سرانجام تبخیر می‌شود. اگر یک مایع در گرما قرار گیرد، میانگین انرژی جنبشی مولکول‌های آن افزایش یافته و با سرعت بیشتری تبخیر می‌شود.

گرمای تبخیر<sup>۲</sup> عبارت است از مقدار گرمایی که یک مایع باید جذب کند تا یک گرم از آن از حالت مایع به حالت گاز تغییر کند. آب به دلیل گرمای ویژه بالا، نسبت به دیگر مایعات از گرمای تبخیر بالاتری برخوردار است. برای تبخیر یک گرم آب در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  به  $580$  کالری گرما نیاز است. یعنی تقریباً دو برابر گرمای لازم برای تبخیر یک گرم الکل یا آمونیاک. گرمای تبخیر بالای آب یکی دیگر از خصوصیات برجسته آن است که از پیوندهای هیدروژنی ناشی می‌شود، زیرا این پیوندها بایستی پیش از خروج مولکول‌ها از حالت مایع شکسته شوند.

گرمای تبخیر آب به تعدیل آب و هوای زمین کمک می‌کند. مقدار گرمایی که از گرمای خورشید توسط دریاها و نواحی گرمسیری جذب می‌شود و صرف تبخیر آب از سطح دریاها می‌شود، هنگامی که هوای دریاها به نواحی گرمسیری به سوی قطب حرکت می‌کند گرمای خود را به صورت بارش فشرده می‌سوزد.

هنگام تبخیر یک مایع، سطوح زیرین مایع سرد می‌شود. حک شدن در اثر تبخیر به این دلیل رخ می‌دهد که گرم‌ترین مولکول‌ها که بیشترین انرژی جنبشی را دارند به حالت گاز خارج می‌شوند. درست مانند اینکه در صورت انتقال یکصد دانشجوی دوندۀ سریع از یک دانشکده به دانشکده دیگر، میانگین سرعت دانشجویان باقی‌مانده در دانشکده مبدأ کاهش می‌یابد.

حک شدن در اثر تبخیر به پایداری دمای پیرامون دریاچه‌ها و برکه‌ها کمک کرده و از این راه از گرم‌زدگی جانداران ساکن اطراف آنها جلوگیری می‌کند. مثال دیگر این که، تبخیر از برگ‌های یک گیاه، از گرم شدن بیش از حد بافت‌های آن در برابر نور خورشید جلوگیری می‌کند. تبخیر عرق از سطح پوست موجب پراکنده شدن گرمای بدن

1 - Evaporation

2 - Heat of vaporization

شده و از گرم شدن بیش از حد بدن در روزهای گرم و هنگام تولید گرمای اضافی در کارهای شدید بدنی جلوگیری می‌کند. رطوبت بالا در یک روز گرم بسیار آزاردهنده است، زیرا تراکم بالای بخار آب در هوا، تبخیر عرق از سطح بدن جلوگیری می‌کند.

## شناور شدن یخ بر روی آب مایع

آب از مواد نادری است که چگالی آن در حالت جامد کمتر از چگالی آن در حالت مایع است. به عبارت دیگر، یخ بر سطح آب شناور باقی می‌ماند. برخلاف دیگر مواد که هنگام انجماد منقبض می‌شوند، آب منبسط می‌شود. علت این رفتار عجیب آب باز هم، پیوندهای هیدروژنی است. در دمای بالای  $4^{\circ}\text{C}$  رفتار آب مانند دیگر مایعات است، یعنی هنگامی که گرم می‌شود، منبسط و وقتی سرد می‌شود، منقبض می‌گردد. آب هنگامی شروع به یخ‌زدن می‌کند که حرکت مولکول‌های آن از توان کافی برای شکستن پیوندهای هیدروژنی برخوردار نیستند. هنگامی که درجه حرارت تا  $0^{\circ}\text{C}$  افت می‌کند، آب شروع به قفل شدن به صورت یک شبکه بلوری می‌کند که در آن هر مولکول آب با چهار مولکول اطراف خود پیوند برقرار کرده است. (شکل ۶-۳). پیوندهای هیدروژنی، مولکول‌های آب را به اندازه طول بازوها، از هم دور نگه می‌دارند که سبب می‌شود چگالی یخ تشکیل‌شده  $10\%$  کمتر از آب مایع  $4^{\circ}\text{C}$  شود ( $10\%$  مولکول‌های کمتر برای همان حجم). هنگامی که یخ حرارت کافی برای افزایش درجه حرارت به بالاتر از  $0^{\circ}\text{C}$  را دریافت می‌کند، پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌ها از میان می‌روند. با متلاشی شدن بلور، یخ ذوب می‌شود و مولکول‌ها آزاد شده و در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. آب در  $4^{\circ}\text{C}$  به بالاترین چگالی خود می‌رسد و با افزایش حرکت مولکول‌ها شروع به انبساط می‌کند. به یاد داشته باشید که حتی در حالت مایع برخی از مولکول‌های آب به صورت لحظه‌ای و گذرا با پیوندهای هیدروژنی به هم متصل شده‌اند. پیوندهای هیدروژنی دائماً در حال شکسته شدن و تشکیل دوباره هستند.

توانایی یخ برای شناور شدن بر سطح آب به دلیل انبساط آن هنگام یخ‌زدن، عاملی مهم در مناسب شدن محیط برای حیات است. اگر یخ در آب فرو می‌رفت، همه تالاب‌ها، دریاچه‌ها و حتی اقیانوس‌ها سرانجام یخ می‌زدند و زندگی به شکلی که می‌شناسیم بر روی زمین ناممکن می‌شد. در طول تاستان، تنها چند سانتی‌متر رویی آب اقیانوس‌ها گرم می‌شود. در عوض، هنگامی که بخش وسیعی از آب سرد می‌شود، یخ‌های شناور، آب زیر خود را عایق کرده و از یخ‌زدن آن جلوگیری می‌کنند و از این راه (همان گونه که در شکل ۶-۳ نشان داده شده)، ادامه حیات در زیر سطح یخ‌زده را ممکن می‌سازند.





Hydrogen bond

Liquid water:  
hydrogen bonds  
break and reform

Ice:  
Hydrogen bonds  
are stable

- 1 - Solution
- 2 - Solvent
- 3 - Solute
- 4 - Aqueous solution



بزرگ (با مجموعه‌هایی از چند مولکول) هستند و اگر از رو در محیط این درون سلول در نظر بگیریم، می‌توانیم نمونه‌ای از یک کلونید<sup>۳</sup> (موسولسیون یا سولر) را در آب کوچک در یک مایع) است. پس، که نوعی فرارده گاهی است. نمونه‌ای از مولد نامحلول می‌باشد. پس از مولکول‌های محلول بزرگ سلول ساخته شده است که ترکیبی با مایع سلول و داره، در سطح عرضی مثبت و منفی همراه با یون‌های، قطبی، است. آب و ریشه‌های سلول می‌جستند به همین دلیل یک مولد از سلول در هر حنک کردن بدن سلول خوب عمل می‌کند. اما هرگز در سلول نامشروعی حل نمی‌شود. سلول در دیواره سلول‌های، هادی است. در گیاهان باعث می‌شود قنداً در مارا به‌گونه‌ی جسیون آب به دیواره استوست سلول‌ها و شبهه انتقال آب در گیاهان بحث شد.

البته موادی هم هستند که تمایلی به آب ندارند. مواد غیر یونی و غیر قطبی، آب را دفع می‌کنند. به این مواد آب‌گریز<sup>۴</sup> گفته می‌شود. (از کلمه یونانی *phobos* به معنی ترسیدن) برای نمونه از مولدی که در اشهر خانه باعث می‌شود می‌نول باد کرده، روغن گیاهی یا مولدی مانند سرکه، که ترکیب شلی بر پایه آب استوار است. دلیل مخفوف کردن مسر را در دگرزده موثر در دگرزده می‌توانیم ببینیم. پیوندهای نسبتاً غیر قطبی است. در این مورد پیوندهای مدل گرم و هیدروژن که الکترون‌ها تقریباً به مبرل و گسل به اشتراک گذاشته می‌شوند عامل اصلی است. مولکول‌های آب گرم سلول‌ها به هم در بخش‌های اصلی غشاهای سلولی هستند (مصور گشت اثر غشای سلولی حل می‌شد چه رخ می‌داد).

### غلظت ماده حل‌شدنی در محلول‌های آبی

شیمی زیستی، شیمی رطوبت است. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که در جانداران صورت می‌گیرد وابسته به حل شدن یک ماده حل‌شونده در آب است. برای شناخت واکنش‌های شیمیایی، ما به دانستن چگونگی درگیر شدن اتم‌ها و مولکول‌ها هستیم. ما برای آن‌ها از چگونگی اندازه‌گیری غلظت ماده حل‌شونده در محلول آبی (تعداد مولکول‌های ماده حل‌شونده در واحد حجم) (محلول) اهمیت دارد.

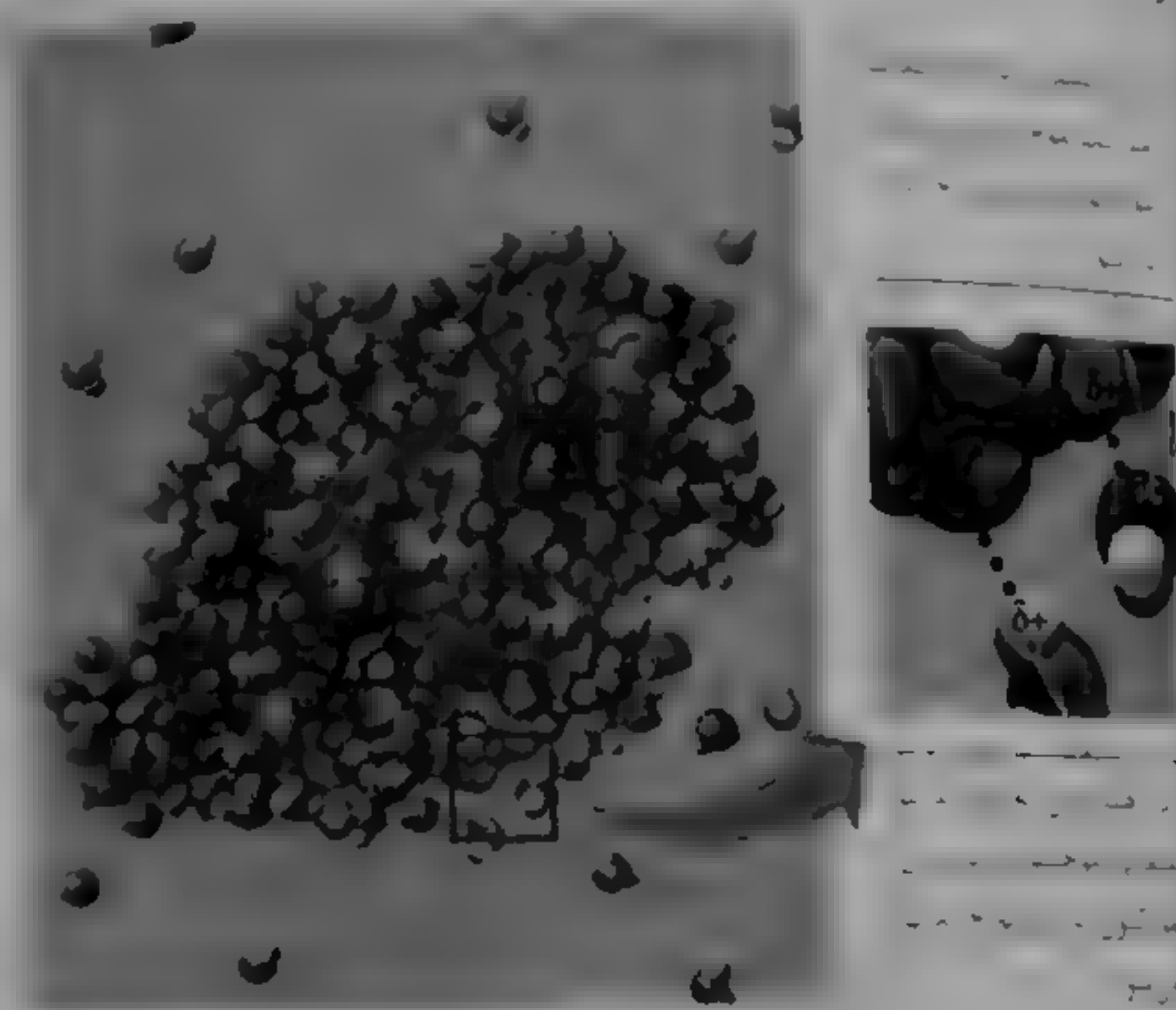
هنگام انجام آزمایش‌ها از جرم برای اندازه‌گیری تعداد مولکول‌ها استفاده می‌شود. جرم هر اتم در یک مولکول را می‌دانیم، مثلاً اتم می‌توانیم جرم مولکولی<sup>۵</sup> آن را اندازه‌گیری کنیم، که به‌سادگی عبارت

در بر می‌گیرد. لایه هیدراته<sup>۶</sup> گفته می‌شود آب در نهایت همه یون‌های موجود در لایه‌های درونی بلور نمک را حل می‌کند. در نتیجه، محلول همگنی از آب به‌عنوان حلال و یون‌های سدیم و کلر به‌عنوان مواد حل‌شونده به‌وجود می‌آید. دیگر ترکیبات یونی نیز در آب حل می‌شوند. برای مثال آب دریا، همانند سلول‌های زنده، دارای انواع بسیار زیادی از یون‌های حل‌شده است.

یک ترکیب برای حل شدن در آب نیازی به یونی بودن ندارد. ترکیبات ساخته‌شده از مولکول‌های قطبی غیر یونی مانند شکر نیز در آب حل می‌شوند. چنین ترکیباتی هنگامی حل می‌شوند که مولکول‌های ماده حل‌شدنی با مولکول‌های آب احاطه شده باشند. حتی مولکول‌هایی به بررگی پروتئین‌ها می‌توانند در آب حل شوند به شرط اینکه در سطح خود دارای بخش‌های یونی و قطبی باشند (شکل ۸-۳). ترکیبات بسیار گوناگون قطبی، در آب مایعات ریستی مانند خون، شیر، گیاهان و مایع درون سلول‌ها (همراه با یون‌ها) حل می‌شوند. آب حلال حیات است.

### مولکول‌های آب‌گریز و آب‌دوست

به ترکیبات یونی یا قطبی و یا هر ماده‌ای که تمایل به آب دارد آب‌دوست<sup>۷</sup> گفته می‌شود. (از کلمه یونانی *hydro* به معنی آب و *philios* به معنی دوست داشتن گرفته شده است). در برخی حالات، مواد می‌توانند آب‌دوست باشند بدون اینکه عملاً در آب حل شوند. برای نمونه، برخی از ترکیبات درون سلول‌ها، مانند مولکول‌های



▲ شکل ۸-۳ یک پروتئین محلول در آب این تصویر لیپوریم نسلی را نشان می‌دهد، نوعی پروتئین که دارای اثر ضد باکتریایی است و در لنگ و سراق باعث می‌شود این مدل، مولکول لیپوریم (ارغوانی) را در یک محیط آبی نشان می‌دهد. مایع قطبی و یونی روی سطح پروتئین، مولکول‌های آب را جذب می‌کند.

۱ - Cellulose

۲ - Hydrophilic

۳ - Molecular mass

1 - Hydration shell

2 - Hydrophilic



## تکامل احتمالی حیات بر روی سایر سیارات با کمک آب

### تکامل

شاید انسان‌ها همیشه که به آسمان خیره شده‌اند، متعجب از اینکه آیا موجودات زنده دیگری در ماورای زمین زندگی می‌کنند؟ و اگر حیات بر روی سایر سیارات به وجود آمده است، به چه شکل یا اشکالی تکامل یافته است؟ زیست‌شناسانی که در جایی دیگری از جهان به دنبال حیات می‌گردند (*astrobiologists*) نامیده می‌شوند (تحقیق‌شان را بر روی سیاراتی متمرکز کرده‌اند که احتمالاً دارای آب هستند. تا کنون بیش از ۲۰۰ سیاره در خارج از منظومه شمسی کشف شده‌اند، که شواهدی دال بر وجود بخار آب بر سطح یک یا دو تا از آنها وجود دارد. در منظومه شمسی خودمان، مطالعات بیشتر بر روی مریخ متمرکز بوده است.

مریخ مانند زمین در قطبین خود، دارای کلاهک یخی است. در دهه‌های پس از شروع کاوش‌های فضایی، دانشمندان علائم جالبی پیدا کرده‌اند دال بر اینکه آب می‌تواند در جایی بر سطح مریخ وجود داشته باشد. سرانجام در سال ۲۰۰۸، ربات فضانورد *Phoenix* بر سطح مریخ فرود آمد و شروع به نمونه‌گیری از سطح آن کرد. با کمک تصاویری که *Phoenix* فرستاد سال‌ها شک و تردید حل شد یخ قطعاً درست در زیر سطح مریخ وجود دارد و بخار آب کافی برای یخبندان در اتمسفر مریخی نیز وجود دارد (شکل ۹-۳). این کشفیات هیجان‌انگیز به جستجو برای پیدا کردن نشانه‌های وجود حیات، در گذشته یا اکنون، بر روی مریخ یا سایر سیارات روح دوباره‌ای بخشیده است. در صورتی که اشکالی از حیات یا فسیل یافت شوند، مطالعات آنها فرایند تکامل را از دیدگاه کاملاً جدیدی بررسی خواهد کرد.



▲ شکل ۹-۳ یخ سطحی و یخبندان صبحگاهی بر روی مریخ. عکس در سال ۲۰۰۸ توسط *Phoenix* مریخ‌پیما گرفته شده است. این حفره توسط بازوی ربات تراشیده شد و یخ در زیر پوشش سطحی نمایان گشت (رنگ سفید در بالا راست نزدیک پایین شکل). یخبندان نیز به صورت پوشش سفیدرنگ در چند قسمت نیمه بالایی تصویر دیده می‌شود. این عکس برای وضوح بیشتر یخ، توسط ماسا رباتیکری شد.

است از مجموع جرم همه اتم‌هایی که در مولکول به کار رفته‌اند. برای مثال، جرم مولکولی شکر (ساکارز) با فرمول مولکولی  $C_{12}H_{22}O_{11}$  را اندازه می‌گیریم. براساس اعداد گردشده دالتون، جرم هر اتم کربن، ۱۲، جرم هر اتم هیدروژن، ۱ و جرم هر اتم اکسیژن، ۱۶ است. بنابراین جرم مولکولی ساکارز  $342$  دالتون خواهد بود.  $[(12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16)] = 342$  البته وزن کردن تعداد اندکی از مولکول‌ها عملی نیست. به همین دلیل از واحدی به نام مول برای اندازه‌گیری مواد استفاده می‌کنیم. همان‌طور که یک دوجین به معنی ۱۲ عدد است، یک مول (*mol*) دقیقاً برابر  $6.02 \times 10^{23}$  عدد از هر چیز است که عدد آووگادرو نیز نامیده می‌شود. رابطه میان عدد آووگادرو و واحد دالتون تعریف شده است. بدین گونه که هر گرم برابر  $6.02 \times 10^{23}$  دالتون است. اینکه هنگام تعیین جرم مولکولی یک مولکول مانند ساکارز می‌توانیم از همان عدد ( $342$ ) با واحد گرم استفاده کنیم تا جرم  $6.02 \times 10^{23}$  مولکول ساکارز یا یک مول ساکارز را نشان دهیم کاملاً معنی‌دار است (جرم  $6.02 \times 10^{23}$  مولکول از یک ماده گاهی اوقات جرم مولی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود). برای به دست آوردن یک مول ساکارز در آزمایشگاه  $342$  گرم آن را وزن می‌کنیم.

مزیت عملی اندازه‌گیری مقدار مواد شیمیایی به صورت مول این است که تعداد مولکول‌های یک مول از یک ماده دقیقاً برابر تعداد مولکول‌های یک مول از هر ماده دیگر است. اگر جرم مولکولی ماده A،  $342$  دالتون و جرم مولکولی ماده B،  $10$  دالتون باشد، آن‌گاه تعداد مولکول‌های  $342$  گرم از ماده A برابر تعداد مولکول‌های موجود در  $10$  گرم از ماده B است. یک مول الکل اتیلیک ( $C_2H_5O$ ) نیز  $6.02 \times 10^{23}$  مولکول دارد، اما جرم آن تنها  $46$  گرم است. زیرا جرم یک مولکول اتیل الکل کمتر از جرم یک مولکول ساکارز است. اندازه‌گیری به صورت مول، کار دانشمندان را در آزمایشگاه برای ترکیب مواد به یک نسبت معین، آسان کرده است.

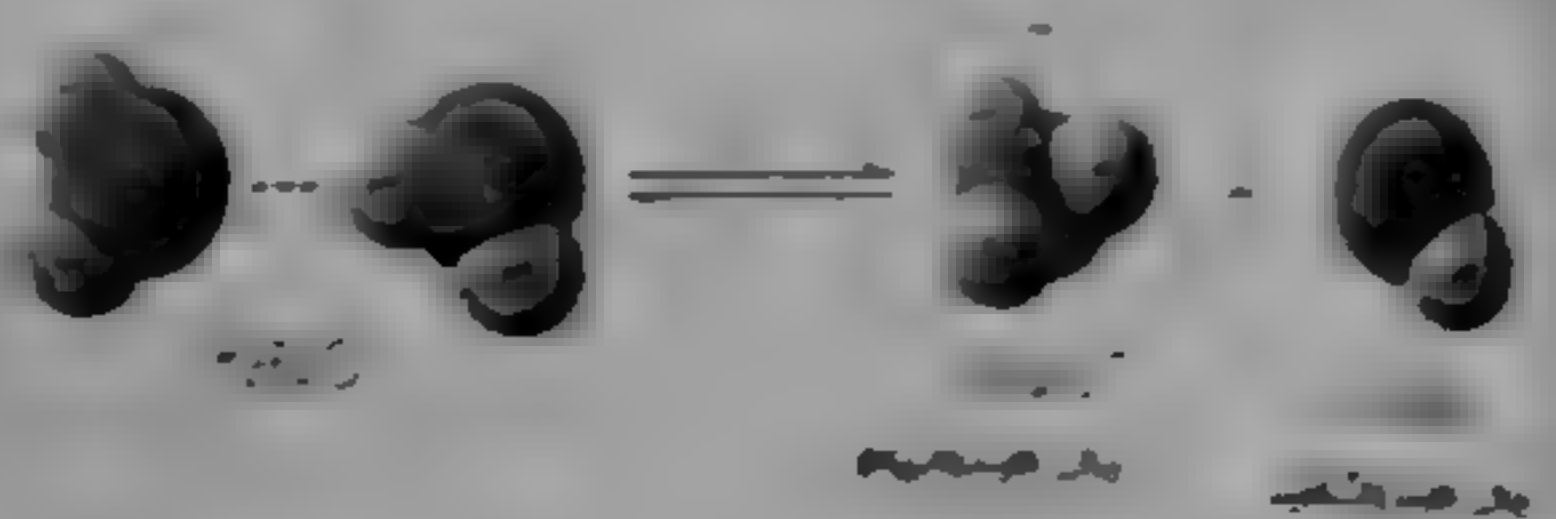
چگونه می‌توانیم یک لیتر محلول، دارای یک مول ساکارز حل شده در آب، بسازیم؟ باید ابتدا  $342$  گرم ساکارز را وزن کرده و کم کم به آن آب بیافزاییم، آن‌گاه به خوبی هم‌زده تا شکر کاملاً در آب حل شود. سپس به اندازه کافی آب به محلول اضافه می‌کنیم تا حجم آن به یک لیتر برسد. در چنین حالتی محلول یک مولار ساکارز خواهیم داشت ( $1 M$ ). مولاریته<sup>۲</sup> (تعداد مول‌های یک ماده حل‌شونده در یک لیتر محلول) واحدی برای اندازه‌گیری غلظت محلول‌های آبی است که بیش از دیگر واحدها توسط زیست‌شناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1 - Molar mass  
2 - Molarity

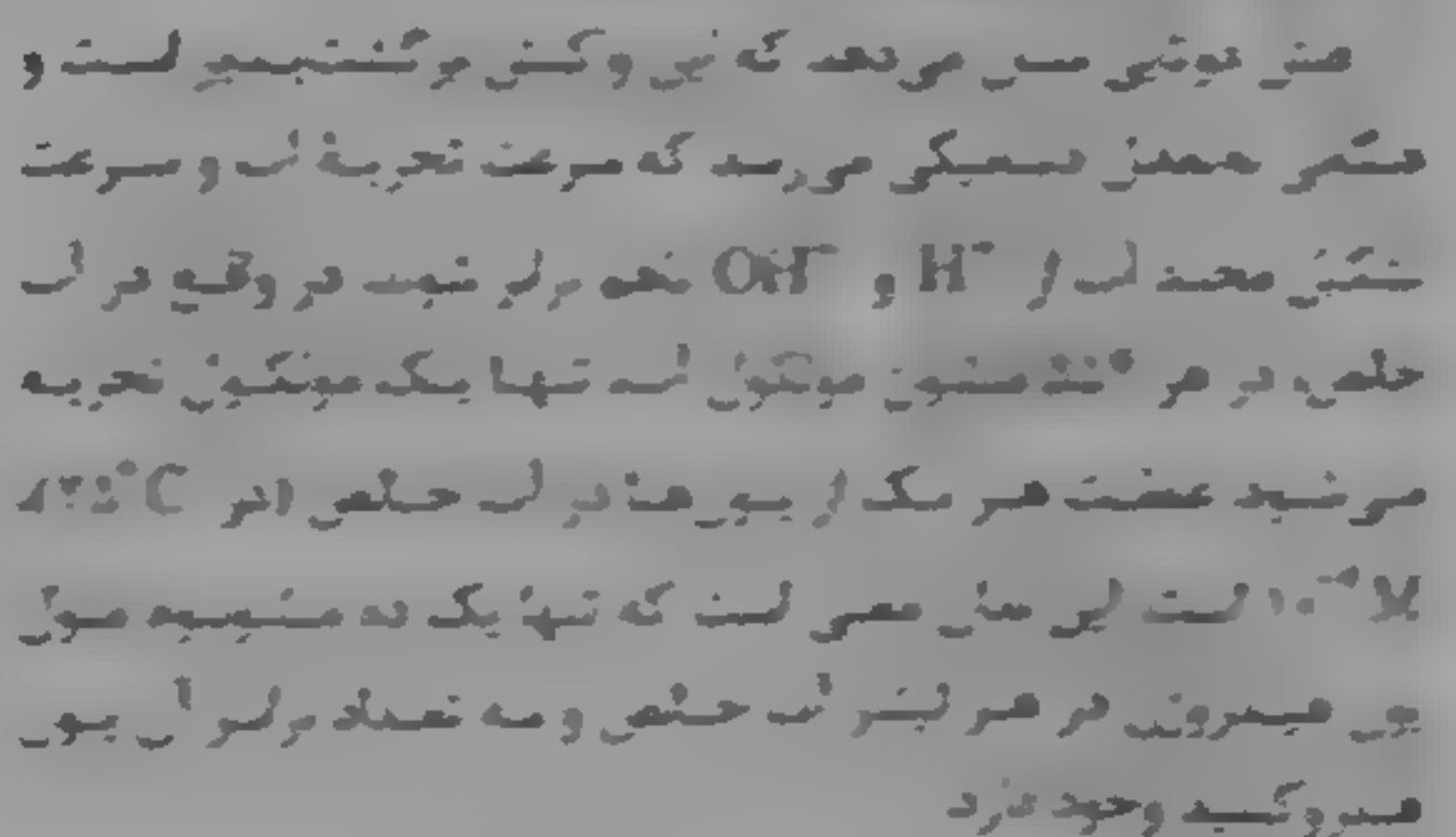


[illegible]

۲-۱ ضریب ایمنی و ماری: جنساران را تحت تغییر قرار

[illegible]

د سگ نر و کسڼه له جړی لست که و قصاب سره د سگ و کسڼه  
 دواړو نېول معصورت کړه بک مو کول نه ده بک یون  
 د سړی و بک یی د سړی و کسڼه د سړی و کسڼه





داده و همچنین غلظت  $H^+$  را با تشکیل آب، کاهش می‌دهند. اگر به اندازه کافی قلیا افزوده شود تا غلظت  $OH^-$  به  $10^{-4} M$  افزایش یابد، موجب کاهش غلظت  $H^+$  به  $10^{-10} M$  خواهد شد هرگز غلظت یکی از یون‌های  $H^+$  یا  $OH^-$  را در یک محلول آبی بدانیم می‌توانیم غلظت یون دیگر را محاسبه کنیم.

چون غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  یک محلول می‌تواند با فاکتوری ۱۰۰ تریلیون با بیشتر تغییر کند، دانشمندان راهی بسیار ساده‌تر را نسبت به معیار مول در لیتر برای بیان این گوناگونی بنا کرده‌اند (شکل ۱۰-۳). مقیاس pH، غلظت  $OH^-$  و  $H^+$  است که با لگاریتم فشرده شده است. pH یک محلول به صورت زیر بیان می‌شود: منهای لگاریتم (بر مبنای ۱۰) غلظت یون هیدروژن.

$$pH = -\log[H^+]$$

برای یک محلول آبی خنثی،  $[H^+] = 10^{-7}$  مولار است، در نتیجه:

$$pH = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7$$

در هر دو حالت، قلیا غلظت یون هیدروژن را کاهش می‌دهد. محلولی با غلظت بالاتر  $OH^-$  نسبت به  $H^+$ ، به عنوان یک محلول قلیایی شناخته می‌شود. محلولی که در آن غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  برابر باشد، محلول خنثی نامیده می‌شود.

توجه داشته باشید که فلش یک‌سویه در واکنش‌های HCl و NaOH به کار رفته است. این ترکیبات هنگامی که با آب مخلوط می‌شوند به طور کامل تجزیه می‌شوند، به همین دلیل به اسید هیدروکلریک، یک اسید قوی و به هیدروکسید سدیم، یک قلیای قوی گفته می‌شود. در مقابل، آمونیاک یک باز نسبتاً ضعیف است. فلش‌های دوسویه به کار رفته در واکنش آمونیاک، نشان‌دهنده این است که اتصال و آزاد شدن یون هیدروژن یک واکنش برگشت‌پذیر است، اگرچه در حالت تعادل نسبت  $NH_4^+$  به  $NH_3$  نسبت پایداری خواهد بود.

همچنین اسیدهای ضعیفی هم هستند که به صورت برگشت‌پذیر یون‌های هیدروژن را آزاد می‌کنند:



یون هیدروژن      یون بی‌کربنات      کربنیک اسید

در این حالت، واکنش تمایل به سوی چپ دارد. هنگامی که اسید کربنیک به آب افزوده می‌شود، تنها یک درصد مولکول‌های اسید در زمان معین تجزیه می‌شوند. همین اندازه برای تغییر تعادل بین  $H^+$  و  $OH^-$  از حالت خنثی کافی است.

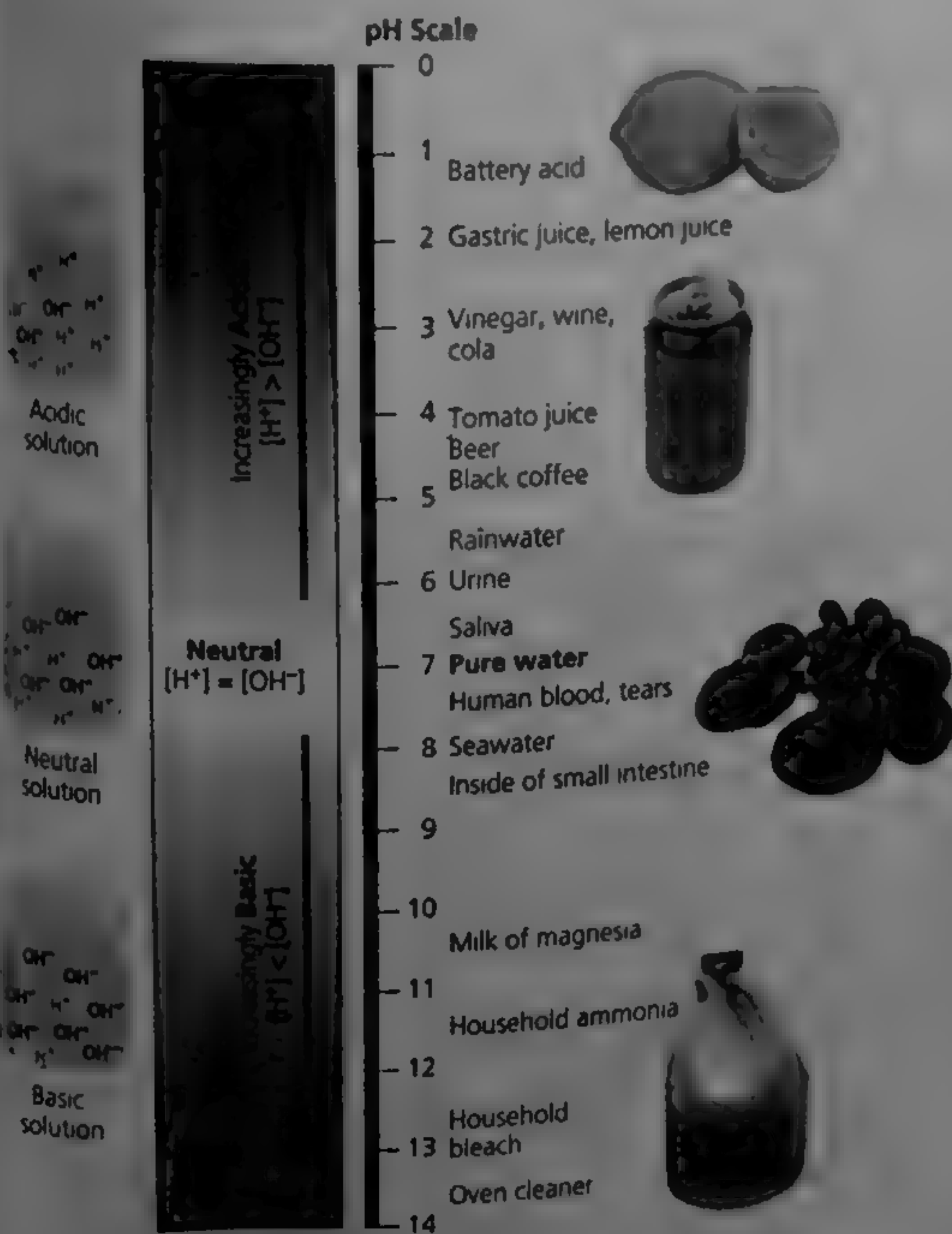
### مقیاس pH

در بسیاری از محلول‌های آبی در دمای  $25^\circ C$ ، حاصل ضرب غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  ثابت و برابر  $10^{-14}$  است که می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

در چنین معادله‌ای، کروه‌ها نشان‌دهنده غلظت مولی ماده‌ای هستند که درون آنها نوشته شده است. در یک محلول خنثی در دمای اتاق ( $25^\circ C$ )،  $[H^+] = 10^{-7}$  و  $[OH^-] = 10^{-7}$  است، بنابراین در این حالت غلظت فرآورده‌ها  $10^{-14}$  است. اگر به اندازه کافی اسید به محلول افزوده شود،  $[H^+]$  به  $10^{-5} M$  افزایش می‌یابد، آن‌گاه مقدار  $[OH^-]$  به  $10^{-9}$  کاهش خواهد یافت (توجه کنید که  $10^{-5} \times 10^{-9} = 10^{-14}$ ). این رابطه ثابت بیان‌کننده رفتار اسیدی یا بازی یک محلول آبی است. یک اسید نه تنها یون هیدروژن را به محلول می‌افزاید بلکه یون هیدروکسید را هم به دلیل تمایل  $H^+$  برای ترکیب با  $OH^-$  و تشکیل آب، کاهش می‌دهد.

برعکس، قلیاها اثرات کاملاً متضادی دارند، غلظت  $OH^-$  را افزایش



▲ شکل ۱۰-۳ مقیاس pH و مقادیر pH در برخی از محلول‌های آبی.



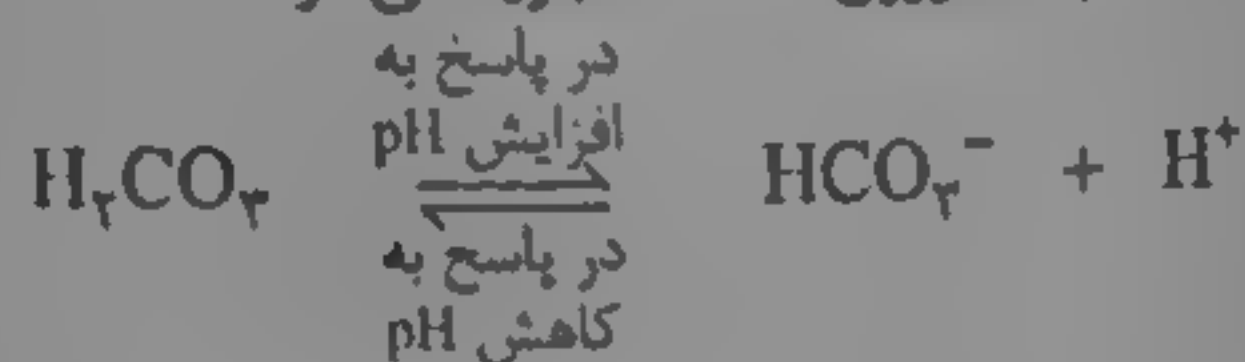
توجه داشته باشید که pH با افزایش غلظت  $H^+$  کاهش می‌یابد و همچنین اگرچه مقیاس pH بر پایه غلظت  $H^+$  پایه‌ریزی شده است، از آن برای بیان غلظت  $OH^-$  نیز استفاده می‌شود. در محلولی با  $pH=10$ ، غلظت  $H^+$  برابر  $10^{-10} M$  و غلظت  $OH^-$   $10^{-4} M$  است.

pH یک محلول آبی خنثی در  $25^\circ C$ ، ۷ است (نقطه میانی مقیاس). مقدار pH کمتر از ۷ بیانگر اسیدی بودن محلول است. هرچه این عدد پایین‌تر باشد، محلول اسیدی‌تر خواهد بود. pH برای محلول‌های بازی، بالای ۷ است. pH بیشتر مایعات زیستی در فاصله ۶-۸ است. البته استثنائاتی هم وجود دارد؛ مانند شیر و گوارشی و اسیدی معده انسان که pH آن نزدیک ۲ است.

به یاد داشته باشید که هر واحد pH، اختلاف ده برابری را در غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  بیان می‌کند. این روش ریاضی، مقیاس pH را فشرده‌تر می‌کند. توان اسیدی محلولی با  $pH=3$ ، دوبرابر محلولی با  $pH=6$  نیست، بلکه هزار بار اسیدی‌تر است. هنگامی که pH یک محلول به آرامی تغییر می‌کند، به دنبال آن غلظت واقعی  $H^+$  و  $OH^-$  در محلول دچار تغییر می‌شود.

#### بافرها

pH درونی بیشتر سلول‌های زنده نزدیک به ۷ است. حتی کوچک‌ترین تغییر در pH می‌تواند زیان‌آور باشد، زیرا واکنش‌های شیمیایی سلول به غلظت یون‌های هیدروژن و هیدروکسید بسیار حساس‌اند. وجود بافرها در مایعات زیستی باعث پایداری pH آنها با وجود افزودن اسیدها یا قلیاها می‌شود. بافرها<sup>۱</sup> موادی هستند که تغییر در غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  یک محلول را به حداقل می‌رسانند. برای مثال، بافرها معمولاً pH خون انسان را نزدیک ۷/۴ که کمی قلیایی است نگه می‌دارند. چنانچه pH خون فرد از ۷ کمتر شود و یا به بالای ۷/۸ برسد، بیش از چند دقیقه زنده نخواهد ماند. در شرایط طبیعی، گنجایش بافری خون از بروز چنین نوساناتی در pH جلوگیری می‌کند. بافرها هنگامی که  $H^+$  در محلول افزایش می‌یابد، با جذب یون هیدروژن، و هنگامی که  $H^+$  کاهش می‌یابد، با افزودن یون هیدروژن به محلول، کار خود را انجام می‌دهند. بیشتر محلول‌های بافری از یک اسید ضعیف و قلیای مربوط به آن ساخته شده‌اند که به صورت برگشت‌پذیر با یون هیدروژن ترکیب می‌شوند. چندین بافر به پایداری pH خون و دیگر مایعات زیستی بدن انسان کمک می‌کنند. یکی از این بافرها که پیش‌تر به آن اشاره شد، اسید کربیک ( $H_2CO_3$ ) است که به فرآورده‌هایی چون یون بی‌کربنات ( $HCO_3^-$ ) و یون هیدروژن ( $H^+$ ) تجزیه می‌شود:



تعادل شیمیایی بین اسید کربنیک و بی‌کربنات به صورت یک تنظیم‌کننده pH عمل می‌کند. هنگامی که دیگر واکنش‌ها باعث می‌شوند که یون‌های هیدروژن به محیط افزوده و یا از آن گرفته شوند واکنش به‌سوی چپ یا راست تمانل پیدا می‌کند. اگر غلظت  $H^+$  در خون شروع به کاهش کند (در این حالت pH افزایش می‌یابد)، واکنش به‌سوی راست پیش می‌رود و اسید کربنیک بیش‌تری تجزیه می‌شود تا یون‌های هیدروژن تولید شوند. اما وقتی غلظت  $H^+$  در خون شروع به افزایش می‌کند (وقتی pH کاهش می‌یابد) واکنش به‌سوی چپ پیش می‌رود و  $HCO_3^-$  (قلیا) یون هیدروژن اضافی را از محلول جذب می‌کند تا  $H_2CO_3$  تشکیل شود. بنابراین دستگاه بافری اسید کربنیک-بی‌کربنات از یک اسید و یک قلیا که در حال تعادل با یکدیگر هستند تشکیل شده است. بیشتر بافرهای دیگر نیز از یک جفت اسید و باز تشکیل شده‌اند.

#### اسیدی شدن: تهدیدی برای کیفیت آب

احتراق سوخت‌های فسیلی یکی از فعالیت‌های متعدد انسانی است که کیفیت آب را تهدید می‌کند، زیرا ترکیبات گازی را به درون فضا رها می‌کند. زمانی که بعضی از این ترکیبات با آب واکنش می‌دهند، آب اسیدی‌تر شده و تعادل شرایط حیات بر روی زمین تغییر می‌کند.

دی‌اکسید کربن محصول اصلی احتراق سوخت‌های فسیلی است. حدود ۲۵٪ از  $CO_2$  تولید شده توسط انسان جذب اقیانوس‌ها می‌شود. با وجود حجم بسیار زیاد آب اقیانوس‌ها، دانشمندان نگران هستند که این جذب بالای  $CO_2$  به اکوسیستم‌های دریایی آسیب برساند.

داده‌های اخیر نشان داده‌اند که چنین اتفاقات نگران‌کننده‌ای به وقوع پیوسته‌اند. هنگامی که  $CO_2$  در آب دریا حل می‌شود، با آب واکنش داده و اسید کربنیک را به وجود می‌آورد که pH اقیانوس را کاهش می‌دهد. این فرایند اسیدی شدن اقیانوس‌ها نامیده می‌شود. دانشمندان با توجه به مقدار  $CO_2$  موجود در حباب‌های محبوس در یخ در طول هزاران سال، تخمین می‌زنند که pH اقیانوس‌ها در حال حاضر نسبت به ۰۰۰،۴۲۰ سال گذشته ۰/۱ واحد، کاهش یافته است. مطالعات اخیر پیش‌بینی می‌کنند که pH اقیانوس‌ها تا پایان این قرن ۰/۳ - ۰/۵ واحد، کمتر خواهد شد.

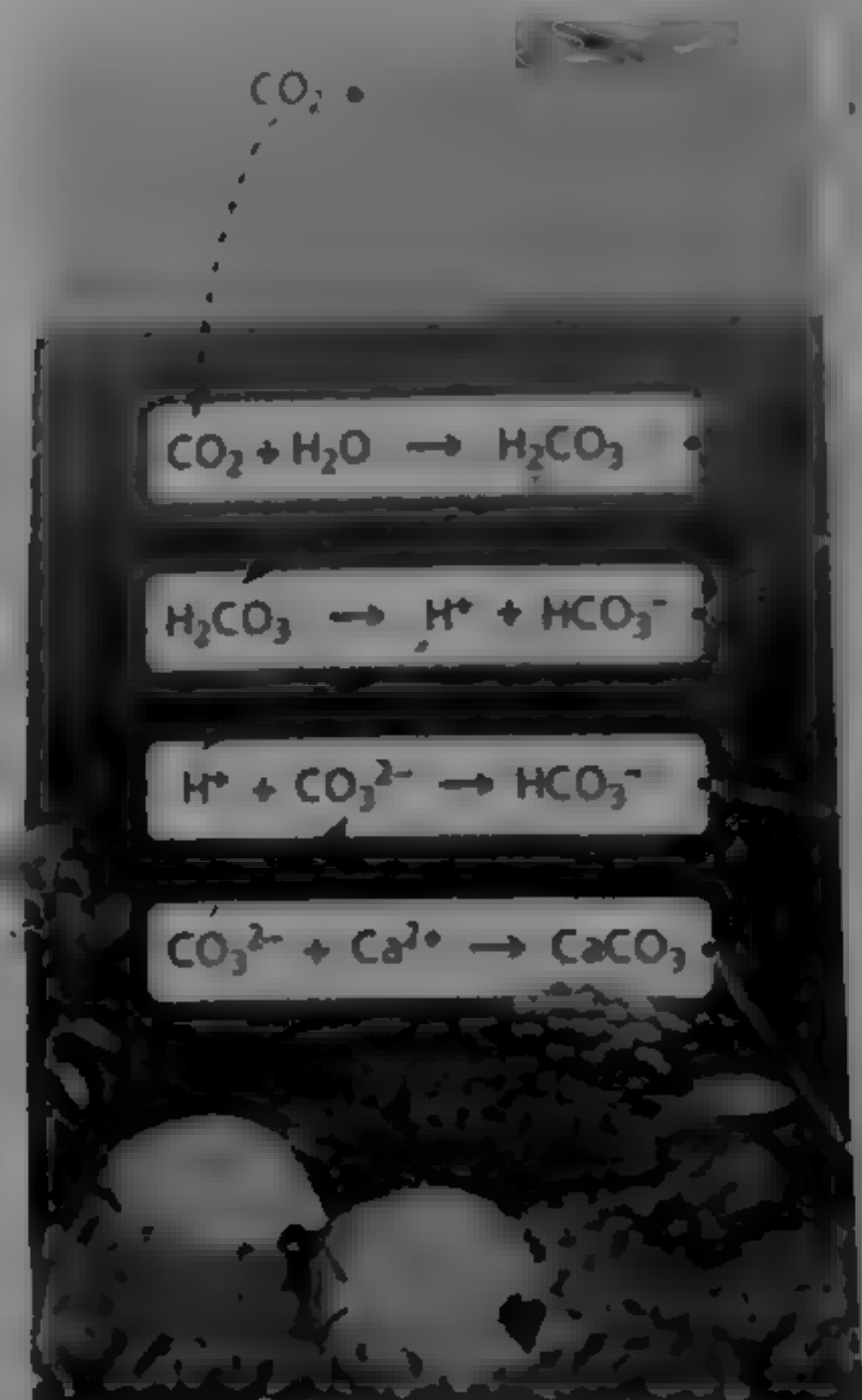
به دلیل اسیدی شدن آب دریا، یون‌های اضافی هیدروژن با یون‌های کربنات ( $CO_3^{2-}$ ) ترکیب شده و یون‌های بی‌کربنات ( $HCO_3^-$ ) را به وجود می‌آورند، در نتیجه غلظت کربنات کاهش می‌یابد (شکل ۱۱-۳). دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که اسیدی شدن اقیانوس‌ها باعث شد غلظت بی‌کربنات تا سال ۲۱۰۰ حدود ۴۰٪ کاهش پیدا کند. این رویداد اهمیت بسیاری دارد، زیرا کربنات



برای آهکی شدن با تولید کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) لازم است کربنات کلسیم توسط بسیاری از موجودات آبی، از جمله مرجان‌های تپه‌ساز و حیوانات صدف‌ساز، ساخته می‌شود. تپه‌های مرجانی اکوسیستم‌های حساسی هستند که پناهگاه انواع بسیاری از موجودات آبی می‌باشند (شکل ۱۲-۳).

حترق سوخت‌های فسیلی منبع عمده اکسیدهای سولفور و کسیدهای نیتروژن نیز می‌باشد. این ترکیبات در هوا با آب ترکیب شده و اسدهای قوی را می‌سازند که با برف و باران به زمین فرود می‌آیند. بارش اسیدی به باران، برف یا مه با pH کمتر (اسیدی‌تر) از ۵.۲ گفته می‌شود. (pH باران تمیز حدود ۵/۶ است که به دلیل تشکیل اسید کربنیک از  $\text{CO}_2$  و آب، کمی اسیدی است). باران اسیدی می‌تواند به حیات موجودات در دریاچه‌ها و نهرها آسیب رسانده و با تغییر شیمی خاک تأثیر شدیدی بر گیاهان ساکن جنگلی بگذارد. برای حل این مشکل، کنگره ایالات متحده آمریکا قانون هوای پاک را در سال ۱۹۹۰ اصلاح کرد و پیشرفت‌های جاری در فناوری‌های صنعتی باعث شده سلامت اغلب دریاچه‌ها و جنگل‌های آمریکای شمالی افزایش زیادی پیدا کند.

اگر دلیلی برای خوش بین بودن در مورد کیفیت آینده منابع آب شیرینمان وجود داشته باشد، آن دلیل این است که دانش ما از تعادل ضریف شیمیایی موجود در اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودها افزایش یافته است. ادامه پیشرفت تنها حاصل فعالیت‌های افراد گاهی، چون خود شما است که نگران کیفیت محیط زندگی خود هستند. لازمه رسیدن به این هدف، درک نقش اساسی آب در مناسب کردن محیط، برای ادامه حیات بر روی کره زمین است.



▲ شکل ۱۱-۳  $\text{CO}_2$  اتمسفری حاصل از فعالیت‌های انسانی و سرنوشت آن در اقیانوس.

خطر اسیدی شدن اقیانوس برای اکوسیستم‌های تپه‌های مرجانی اخیراً دانشمندان درباره آثار اسیدی شدن اقیانوس‌ها هشدار داده‌اند. براساس مطالعات آن اقیانوس‌ها به دلیل افزایش مقدار دی‌اکسید کربن اتمسفر، اسیدی‌تر می‌شود (شکل ۱۱-۳ را ببینید). آنها پیش‌بینی می‌کنند که کاهش غلظت  $\text{CO}_3^{2-}$  عوارض جدی بر روی آهکی شدن تپه‌های مرجانی خواهد داشت. توجه به تحقیقات بسیار، و میر با در نظر گرفتن اثرات گرم شدن اقیانوس‌ها، می‌توان از دانشمندان در طی این قرن سه سناریو برای تپه‌های مرجانی تعریف کرد. به این‌که آیا غلظت  $\text{CO}_2$  اتمسفر (a) در سطح کنونی باقی می‌ماند (b) یا سرعت افزایش می‌یابد (c) با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد. سناریو (b) تا حدودی راه تحت این سناریوهای پیش‌بینی شده، منطقی می‌دهد. تپه مرجانی سالم در شکل (a) انواع بسیاری از گونه‌ها را حمایت می‌کند و رشد کمی با تپه مرجانی اسیدی‌شده در شکل (c) دارد.



چرا این موضوع اهمیت دارد حذف اکوسیستم تپه‌های مرجانی باعث دست رفتن تنوع زیستی غم‌انگیزی می‌شود. به علاوه، تپه‌های مرجانی ساحل را حفظ می‌کنند، مکانی را برای تغذیه بسیاری از گونه‌های شایلات تهراری فراهم می‌سازند و سبب جذب جهانگردان می‌شوند. بنابراین حواص اقلیمی ساحلی از آسیب بیشتر امواج، آفت شایلات و کاهش صحت گردشگری زیان می‌بیند.

منبع: O. Hoegh-Guldberg et al., Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification, Science 318:1737-1742 (2009); S. C. Doney, The dangers of ocean acidification, Scientific American, March 2006, 58-65.

**چه می‌شود اگر؟** آیا کاهش غلظت کربنات اقیانوس‌ها بر روی موجوداتی که  $\text{CaCO}_3$  نمی‌سازند تأثیری دارد؟ حتی به‌طور غیر مستقیم، توضیح دهید.

### پرسش‌های مبحث ۳-۳

- ۱- تعداد یون‌های هیدروژن ( $\text{H}^+$ ) در محلولی با  $\text{pH}=4$  برابر تعداد یون‌های هیدروژن در محلولی با حجم برابر و  $\text{pH}=9$  است.
- ۲-  $\text{HCl}$  اسیدی قوی است که در آب تجزیه می‌شود:  $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$   
pH محلول ۰.۱ مولار  $\text{HCl}$  چقدر است؟
- ۳- اسید استیک ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) مانند اسید کربنیک می‌تواند یک باز باشد. واکنش تجزیه را بنویسید. اسید، باز، گیرنده  $\text{H}^+$  و دهنده  $\text{H}^+$  را تعیین کنید.
- ۴- **چه می‌شود اگر؟** اگر ۰.۱ مول از یک اسید قوی را به یک لیتر آب حلال و یک لیتر محلول اسید استیک برساند، pH چه تغییری می‌کند؟ با استفاده از معادله واکنش در سؤال ۳، نتیجه را توضیح دهید. برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی به ضمیمه A مراجعه کنید.



## 3 مرور فصل

### خلاصه مفاهیم کلیدی

۱-۳ پیوندهای کووالان قطبی در مولکول‌های آب، موجب تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شوند

○ یک پیوند هیدروژنی هنگامی به وجود می‌آید که اکسیژن یک

مولکول آب به کمک بار

الکتریکی خود به سوی

مدروزن مولکول کسری

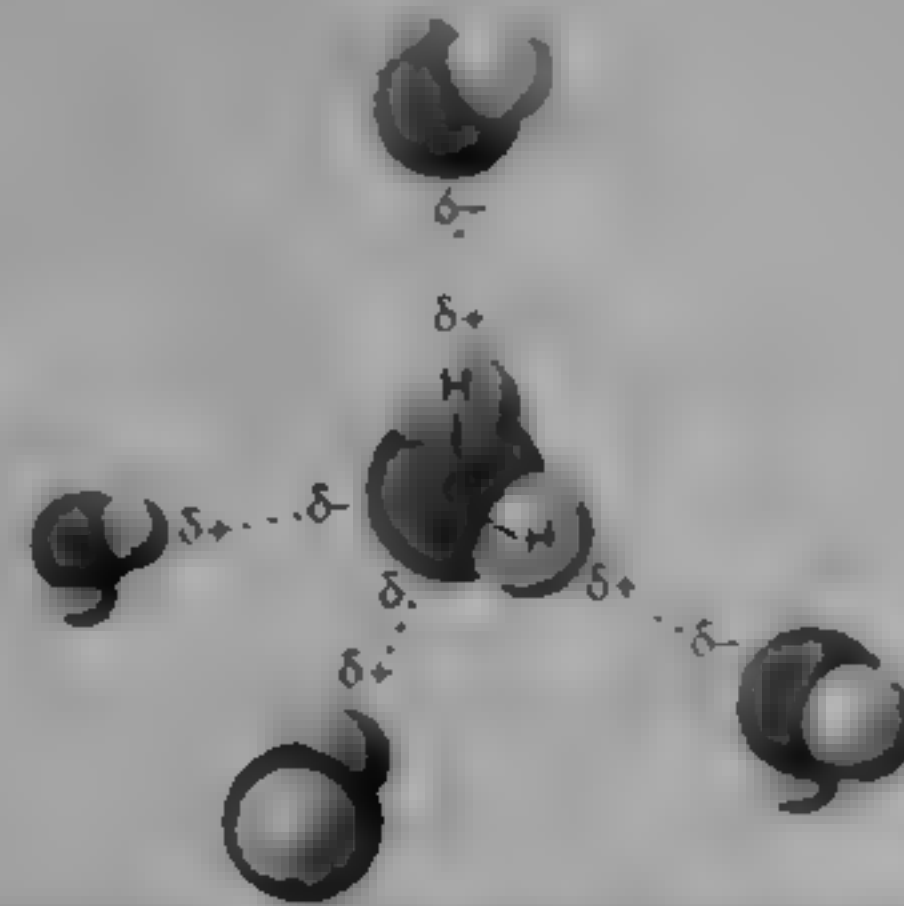
جذب می‌شود

تشکیل پیوند هیدروژنی

بین مولکول‌های آب

منه و ویژگی‌های

غیرطبیعی آب است



هم کنید یک پیوند هیدروژنی و یک پیوند کووالانسی قطبی را در این

مثل مشخص کنید. هر مولکول آب چه تعداد پیوند هیدروژنی

می‌تواند ایجاد کند؟

۲-۳ چهار ویژگی بارز آب (زمین را برای استقرار حیات

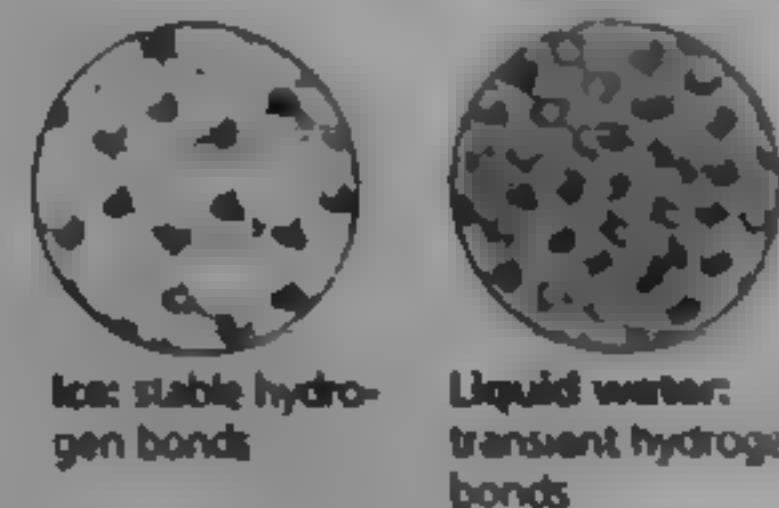
مناسب ساخته است)

○ پیوندهای هیدروژنی، مولکول‌های آب را در کنار یکدیگر نگه

می‌دارند این چسبندگی به بالا رفتن مولکول‌های آب از سلول‌های

میکروسکوپی هادی آب در گیاهان کمک می‌کند. همچنین پیوندهای

هیدروژنی مسئول کشش سطحی آب هستند.



○ پیوندهای هیدروژنی، گرمای

ویژه بالایی را به آب می‌دهد

هنگامی که پیوندهای

هیدروژنی شکسته می‌شوند

گرمای جذب می‌شود و هنگامی که پیوندها تشکیل می‌شوند گرما آزاد

می‌شود. کمک به کاهش نوسانات دمایی در یک محدوده، وجود حیات

را ممکن می‌سازد. خنک شدن از راه تبخیر نیز بر پایه گرمای بالای

تبخیر آب استوار است. برای شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی،

مولکول‌های آب بایستی انرژی جنبشی نسبتاً بالایی داشته باشند.

تخیر باعث از دست رفتن انرژی مولکول‌های آب شده و این امر باعث

سرد شدن سطوح می‌گردد

○ آب یک حلال غیر معمول چندمنظوره است، زیرا مولکول‌های قطبی

آن مواد قطبی و باردار را به خود جذب می‌کنند. مواد آب‌دوست به

آب گرایش دارند و مواد آب‌گریز گرایشی به آب از خود نشان نمی‌دهند. مولارینه عبارت است از تعداد مول‌های ماده حل‌شدنی در هر لیتر از محلول، که برای اندازه‌گیری غلظت ماده حل‌شدنی در محلول به کار می‌رود. یک مول تعداد معینی از مولکول‌های یک ماده را در بر می‌گیرد. حرم یک مول از ماده بر حسب گرم برابر جرم مولکولی آن بر حسب دالتون است

○ خواص آب حیات را بر روی زمین ممکن می‌سازد و ممکن است موجب به وجود آمدن حیات، بر روی سایر سیارات شود

؟ توضیح دهید که انواع مختلف مل‌شونده‌ها، چگونه در آب مل می‌شوند. تفاوت بین محلول و کلوئید را توضیح دهید.

۳-۳ شرایط اسیدی و بازی، جانداران را تحت تأثیر قرار می‌دهد

Acidic  
 $[H^+] > [OH^-]$

↑

Neutral  
 $[H^+] = [OH^-]$

↓

Basic  
 $[H^+] < [OH^-]$

0

Acids donate  $H^+$  in aqueous solutions.

7

Bases donate  $OH^-$  or accept  $H^+$  in aqueous solutions.

14

○ یک مولکول آب می‌تواند یک  $H^+$  را به مولکول آب دیگری انتقال دهد تا  $H_3O^+$  و  $OH^-$  را تشکیل دهد.

○ غلظت  $H^+$  به صورت pH بیان می‌شود:

$pH = -\log[H^+]$

بافرها در مایعات زیستی در مقابل تغییرات pH مقاومت می‌کنند. یک بافر از یک اسید و باز تشکیل شده که به صورت قابل برگشتی با یون‌های هیدروژن ترکیب می‌شوند.

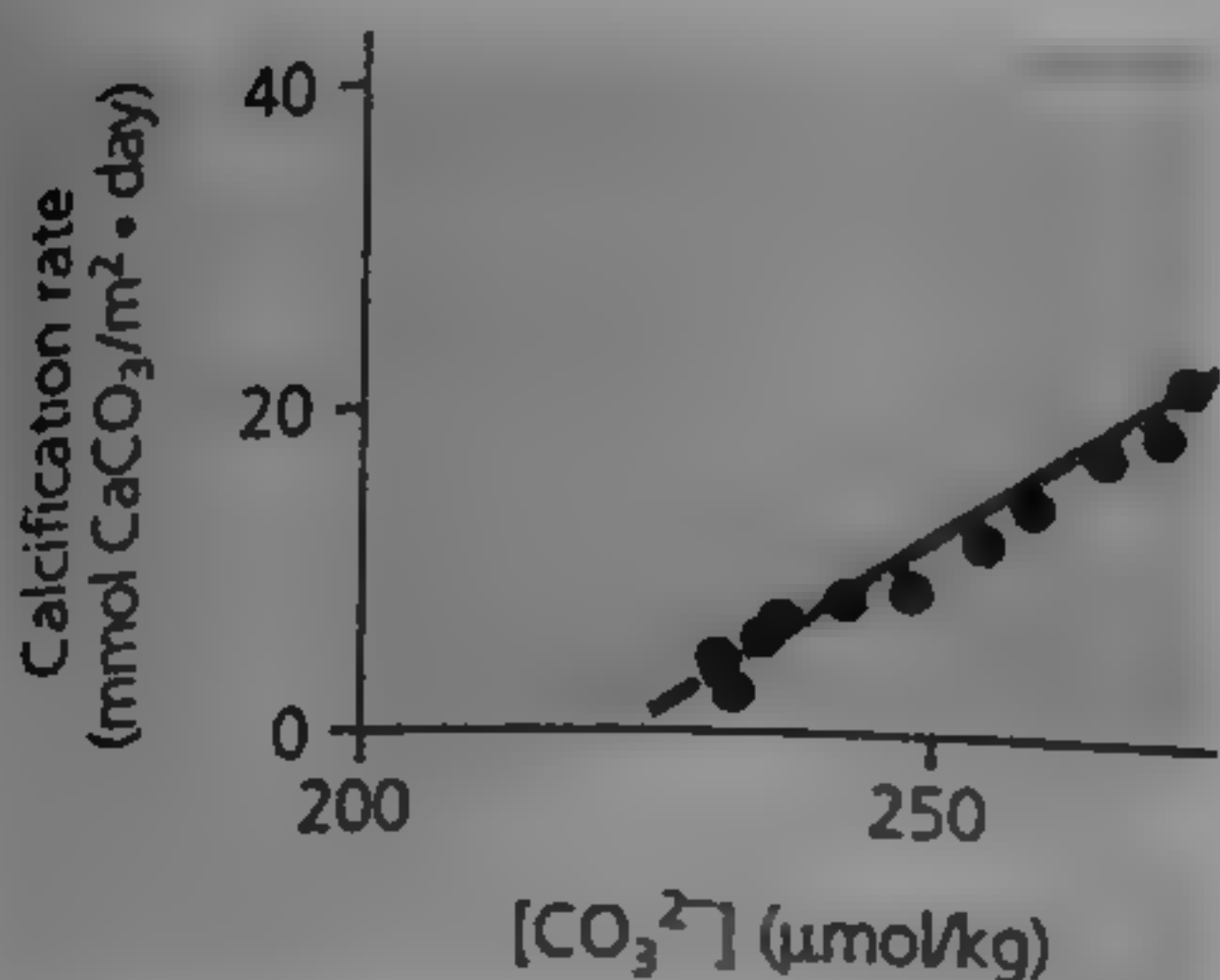
○ احتراق سوخت‌های فسیلی مقدار  $CO_2$  موجود در اتمسفر را افزایش می‌دهد. مقداری از  $CO_2$  در اقیانوس‌ها حل شده و سبب اسیدی شدن اقیانوس‌ها می‌شود که می‌تواند اثرات مهمی بر روی تپه‌های مرجانی داشته باشد. احتراق سوخت‌های فسیلی اکسیدهای سولفور و نیتروژن را نیز آزاد می‌کند و منجر به بارش اسیدی می‌شود.

؟ توضیح دهید که افزایش مقادیر  $CO_2$  محلول در اقیانوس‌ها چگونه باعث اسیدی شدن اقیانوس‌ها می‌شود. این تغییر pH چگونه بر روی غلظت یون کربنات و سرعت آمک شدن تأثیر می‌گذارد؟



#### ۱۴- تحقیق علمی

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۰ گزارش شد، کالکشن و همکارانش با استفاده از سیستم تپه مرجانی مصنوعی، تأثیر غلظت بی‌کربنات بر روی سرعت فرایند آهکی شدن توسط موجودات تپه‌ساز را آزمودند. نمودار زیر یک سری از نتایج آنها را نمایش می‌دهد. توضیح دهید این داده‌ها چه چیزی را نشان می‌دهند این نتایج چه ارتباطی با اسیدی شدن اقیانوس دارند که مربوط به افزایش مقادیر  $\text{CO}_2$  اتمسفری است؟



#### ۱۵- علم، فناوری و جامعه

کشاورزی، صنعت و جمعیت‌های روبه‌رشد شهرها، از طریق نفوذ سیاسی همگی با هم برای آب رقابت می‌کنند. اگر شما مسئول منابع آب در ناحیه‌ای خشک بودید، اولویت‌های شما برای اختصاص دادن منبع محدود آب، برای مصارف مختلف چه می‌بود؟ چگونه تلاش می‌کردید بین گروه‌هایی با گرایش‌های متفاوت همدلی ایجاد کنید؟

#### ۱۶- درباره موضوع مطالعه شده در این آزمایش

خواص نوپدید. خواص نوپدید متعدد آب محیط را برای حیات مناسب می‌سازند. به طور مختصر (در ۱۰۰ تا ۱۵۰ کلمه) توضیح دهید که چگونه ساختار مولکول‌های آب باعث می‌شود که آب بتواند به عنوان یک حلال همه‌کاره عمل کند. برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

#### خود را بیازمایید

با مراجعه به سایت [www.masteringbiology.com](http://www.masteringbiology.com)

به سوالات چندگزینه‌ای ۱ تا ۸ پاسخ دهید.

۹- **رسم کنید** هنگامی که کلرید پتاسیم (KCl) در آب حل می‌شود، لایه‌های هیدراته‌ای که اطراف یون‌های پتاسیم و کلر تشکیل می‌شوند را رسم کنید. بارهای مثبت، منفی و جزیی را بر روی این اتم‌ها نشان دهید.

۱۰- **ارتباط دهید** گرم شدن جهانی (فصل ۱ را ببینید) و اسیدی شدن اقیانوس‌ها چه اشتراکی دارند؟

۱۱- در نواحی کشاورزی، کشاورزان به پیش‌بینی وضع هوا توجه زیادی می‌کنند. کشاورزان درست قبل از یخبندان شبانه پیش‌بینی شده، آب را بر روی محصولات می‌پاشند تا از گیاهان حفاظت کنند. با استفاده از ویژگی‌های آب توضیح دهید این روش چگونه عمل می‌کند. حتماً ذکر کنید که چرا پیوندهای هیدروژنی مسئول این پدیده هستند.

#### ۱۲- ارتباط تکاملی

این فصل توضیح می‌دهد که چگونه خواص آب، محیط را برای حیات مناسب می‌کنند. قبل از این، دانشمندان تصور می‌کردند که سایر شرایط فیزیکی لازم برای حیات، شامل محدوده مناسب دمایی، pH، فشار اتمسفر، شوری و مقادیر کم مواد شیمیایی سمی است. این نظریه با کشف موجودات افراطی‌خواه (extremophiles) تغییر کرد دیده شده که این موجودات در چشمه‌های داغ و سولفور اسیدی، اطراف منافذ آب گرم در عمق اقیانوس و در خاک‌های دارای مقادیر زیاد فلزات سمی رشد می‌کنند. چرا astrobiologistها علاقه‌مند به مطالعه افراطی‌خواه‌ها هستند؟ وجود حیات در چنین شرایط سختی، چه چیزی راجع به امکان وجود حیات بر روی سایر سیارات می‌گوید؟

#### ۱۳- تحقیق علمی

آزمایشی کنترل‌شده را طراحی کنید که این فرضیه را می‌آزماید که باران اسیدی مانع رشد *Elodea* (گیاهی که در آب شیرین زندگی می‌کند) می‌شود (شکل ۱۹-۲ را ملاحظه کنید).



#نه\_به\_تبعيض\_در\_المپياد\_با\_ليپازبوک

برای اولین بار

جلد اول بیولوژی عمومی کمپبل

« رایگان »

تهیه و تنظیم : لیپاز بوک

@lipasebook  
.....

@lipasebookbot  
.....

انحصاری لیپاز بوک

ما را در تلگرام با آیدی های بالا دنبال کنید .



# کربن و گوناگونی مولکولی در حیات



▲ شکل ۱-۴ چه خواصی در کربن این عنصر را اساس کل حیات قرار داده است؟

## مفاهیم کلیدی

- ۱- شیمی آلی در اصل مطالعه ترکیبات کربن دار است
- ۲- اتم‌های کربن می‌توانند توسط پیوند با چهار اتم دیگر مولکول‌های گوناگونی را بسازند
- ۳- گروه‌های شیمیایی معدودی در عملکرد مولکول‌های زیستی نقش کلیدی دارند

## نگاه کلی

### کربن: اساس حیات

با اینکه آب مایه حیات بر روی زمین است، اما جانداران، از جمله همه گیاهان و یا حتی سوسک (بندپایی که در شکل ۱-۴ می‌بینید)، از موادی ساخته شده‌اند که بیشتر دارای عنصر کربن هستند. کربن در نتیجه فعالیت گیاهان، وارد زیست‌کره می‌شود. به این شکل که آنها با دریافت انرژی خورشید،  $CO_2$  اتمسفر را به مولکول‌های زیستی تبدیل می‌کنند. این مولکول‌ها سپس توسط جانورانی که از گیاهان تغذیه می‌کنند، وارد بدن آنها می‌شوند.

در میان همه عناصر شیمیایی، کربن به‌خاطر توانایی در ساخت مولکول‌های بزرگ، پیچیده و گوناگون، بی‌همتاست و این گوناگونی مولکول‌ها می‌تواند در جاندارانی که روی زمین زندگی می‌کنند تنوع ایجاد نماید. پروتئین‌ها، DNA، کربوهیدرات‌ها و همه مولکول‌هایی که ماده زنده را از غیرزنده جدا می‌کنند، از اتم‌های کربنی ساخته شده‌اند که با یکدیگر و یا با دیگر عناصر پیوند دارند. هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، گوگرد (S) و فسفر (P) نیز از دیگر عناصر رایج در این ترکیبات می‌باشند، اما تنها کربن (C) است که به‌عنوان عامل گوناگونی مولکول‌های زیستی به‌شمار می‌آید.

پروتئین‌ها و دیگر مولکول‌های بسیار بزرگ، موضوع اصلی فصل ۵

می‌باشند. در این بخش، بیشتر به بررسی مولکول‌های کوچکتر می‌پردازیم و از آنها برای بیان برخی مفاهیم مربوط به ترکیبات کربن‌دار بهره می‌گیریم، تا به این ترتیب اهمیت کربن را در حیات مشخص نماییم. همچنین درباره ویژگی‌های مواد زنده موجود در جانداران گفتگو می‌کنیم.

### ۱-۴ شیمی آلی در اصل مطالعه ترکیبات کربن دار است

به دلایل تاریخی، ترکیباتی که کربن دارند را مواد آلی می‌نامند و به شاخه‌ای از شیمی که به بررسی این گونه ترکیبات می‌پردازد، شیمی آلی<sup>۱</sup> گفته می‌شود. ترکیبات آلی طیف گسترده‌ای از مولکول‌های کوچکی مانند متان ( $CH_4$ ) تا مولکول‌های بسیار بزرگی مانند پروتئین‌ها (که از هزاران اتم ساخته شده‌اند و وزن مولکولی آنها بیش از ۱۰۰,۰۰۰ دالتون است)، را دربر می‌گیرند. بیشتر ترکیبات آلی افزون بر کربن، هیدروژن نیز دارند.

درصد کلی عناصر اصلی حیات (C, H, O, N, S و P) در بین جانداران کاملاً یکسان است. با اینکه ترتیب واحدهای اتمی سازنده مولکول‌ها محدود است و دارای نسبت تقریباً یکسانی نیز هستند، ولی به‌خاطر ویژگی تطبیق‌پذیری<sup>۲</sup> عنصر کربن (توانایی ترکیب عنصر کربن با دیگر عناصر)، می‌توانند گوناگونی خارق‌العاده‌ای از مولکول‌های آلی را پدید آورند. گونه‌های مختلف جانداران و حتی افراد مختلف یک گونه، مولکول‌های آلی متفاوتی دارند و با مولکول‌های آلی‌شان از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند.

1 - Organic chemistry

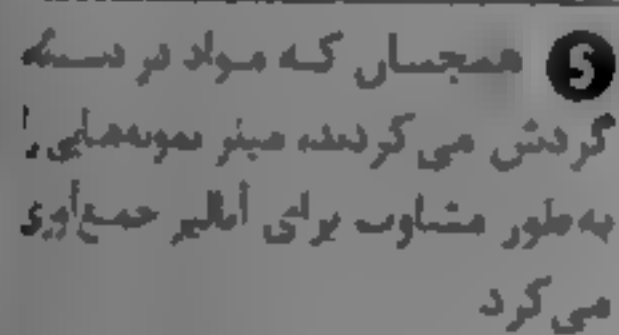
۲- چون اتم کربن در جدول تناوبی سرگروه گروه چهارم و مرز بین گروه فلزات و غیرفلزات می‌باشد دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است که می‌تواند هم با فلزات و هم با غیرفلزات ترکیب شود. به‌همین دلیل گفته می‌شود خاصیت تطبیق‌پذیری دارد.



▼ شکل ۲-۴

آزمایش در سال ۱۹۵۳، اسسلی میلز شرایط محبطنی را که فکر می‌کرد بر روی زمین اولیه بوده بار سازی کرده، میلز از تحلیل الکتریکی (بار سازی صاعقه) برای رامانداری واکنش در جو دارای  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{H}_2$ ،  $\text{NH}_3$  (آمونیاک) و  $\text{CH}_4$  (متان) استفاده کرد (مرحی از این کارها از آشفشان‌ها خارج می‌شدند).

③ **نرخ حرفه برای مارساری**  
صافحه استعاده شد



**۴** یک منراکم کسیده اتسفر را  
حکم می‌کرد و آب و مولکول‌های  
حل‌ننده در آن را سه تروپ  
«دریای» فلاسک وارد می‌نمود

نسابیح: انواع گوناگونی از ترکیبات آلی که در سلول‌های رسیده وجود دارند، در دستگاه میلر ساخته شدند. این مولکول‌ها شامل ترکیبات ساده‌ای، از قبیل فرمالدئید ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) و هیدروژن سیانید ( $\text{HCN}$ )، و مولکول‌های پیچیده‌تری مانند آمینوسیدها و هیدروکربن‌ها بودند.

نفعیه گیری: ترکیبات الی، شاید به صورت غیر زبستی بر روی زمین اولیه ایجاد شده باشند. (در مورد این فرضیه در فصل ۲۵ به طور گسترده بحث خواهیم کرد)

S. L. Miller, A production of amino acids under possible primitive Earth conditions, *Science* 117:528-529 (1953)

**چه می‌شد اگر؟** اگر ملر در آزمایش خود، غلظت  $\text{NH}_3$  را افزایش ندهد، مفادیر نسی محصولات  $\text{HCN}$  و  $\text{CH}_2\text{O}$  چگونه تغییر می‌کردند؟

انسان ها، از آغاز پیدایش از دیگر جانداران به عنوان منبع مواد ارزشمند (به عنوان غذا، دارو و الباق) استفاده می کردند. دانش شیمی آلی حاصل تلاش هایی بود که برای افزایش بازده ساخت و خالص سازی این مواد انجام می شد. در ابتدای قرن نوزدهم، شیمی دانان با ترکیب کردن عناصر توانایی ساخت ترکیبات ساده آلی را در آزمایشگاه، در شرایط خاص، به دست آوردند. ساخت مصنوعی مواد آلی پیچیده که در جانداران وجود دارد غیرممکن به نظر می رسید. در آن هنگام، شیمی دانی سوئدی به نام جونز ژاکوب برلیوس<sup>۱</sup> ترکیبات آلی را که به نظر می رسید تنها در جانداران یافت می شوند، از ترکیبات غیر آلی که در جهان غیرزنده پیدا می شدند، جدا کرد. شیمی آلی در ابتدای پیدایش بر پایه نظریه حیات گرایی<sup>۲</sup> توجیه می شد؛ باوری که بیان می کرد زندگی در اثر نیرویی ماورای قوانین فیزیکی و شیمیایی شکل می گیرد.

شیمی دانان تلاش کردند که نظریهٔ حیات‌گرایی را با دستیابی و ساخت مولکول‌های آلی در شرایط آزمایشگاهی، رد کنند. در سال ۱۸۲۸، فردریش وولر<sup>۲</sup> شیمی‌دان آلمانی که همراه برزلیوس بوده، تلاش کرد تا نمکی غیرآلی به‌نام آمونیم سیانات را از راه ترکیب کردن محلول یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) و یون سیانات ( $\text{CNO}^-$ ) به‌دست آورد. هنگامی که وولر نتیجهٔ آزمایش را دید حیرت‌زده شد زیرا به‌حای فراوردهٔ پیش‌بینی شده توانسته بود اوره بسازد؛ ماده‌ای که در ادرار جانوران یافت می‌شود! سپس وی با نوشتن این مطلب که «باید به شما بگویم که بدون نیاز به جانور و یا کلیهٔ آن توانستم اوره بسازم» نظریهٔ حیات‌گرایی را به چالش کشید. به‌هر روی، چون یکی از احزای به‌کار رفته برای ساخت اوره یعنی سیانات را از خون جانور گرفته بود، نتوانست حیات‌گراها را متقاعد سازد. بالاخره چند سال بعد هرمن کُلب<sup>۳</sup> شاگرد وولر توانست استیک اسید را که یک ترکیب آلی است از موادی غیرآلی که مستقیماً از ترکیب کردن عناصر به‌دست می‌آیند، بسازد.

مولکول‌های آلی و منشأ حیات بر روی کره زمین

۴- **تکامل** در نهایت پس از چند دهه حیات گراها با پیشرفت ساخت مولکول‌های آلی پیچیده در آزمایشگاه‌ها شکست خوردند. در سال ۱۹۵۳، استرلی میلر<sup>۵</sup> یکی از دانشجویان هرلد پوری<sup>۶</sup> که فارغ‌التحصیل دانشگاه شیکاگو بود، توانست ساخت غیرزیستی (غیرزنده) ترکیبات آلی را به متن تکامل وارد کند (شکل ۲-۴). میلر به کمک شبیه‌سازی آزمایشگاهی، شرایط جو آغازین زمین را درست کرد و نشان داد که ساخت خودبه‌خودی ترکیبات آلی می‌تواند اولین مرحله آغاز حیات بر روی زمین باشد.

- 1 - Jons Jakob Berzelius
- 2 - Vitalism
- 3 - Friedrich Wohler
- 4 - Hermann Kolbe
- 5 - Stanley Miller
- 6 - Harold Urey



مدل فضا پرکن	مدل گوی و میله	فرمول ساختاری	فرمول مولکولی	Name and Comment
		$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_4$	(a) متان. وقتی که یک اتم کربن با اتم‌های دیگر چهار پیوند تشکیل می‌دهد، مولکول حاصل چهاروجهی است.
		$\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_6$	(b) اتان. یک مولکول ممکن است بیش از یک گروه چهاروجهی از اتم‌هایی با پیوندهای مفرد داشته باشد (اتان حاوی دو تا از این گروه‌ها است).
		$\begin{array}{cc} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_4$	(c) اتن (اتیلن). وقتی که دو اتم کربن توسط یک پیوند دوگانه متصل می‌شوند، همه اتم‌های متصل به این کربن‌ها در سطح یکسانی قرار می‌گیرند؛ در واقع مولکول تخت است.

▲ شکل ۲-۴ ساختار سه مولکول آلی ساده.

## ۲-۴ اتم‌های کربن می‌توانند توسط پیوند با چهار اتم دیگر، مولکول‌های گوناگونی را بسازند

همان‌گونه که در فصل ۲ آموختید نکته کلیدی درباره ویژگی شیمیایی یک اتم مربوط به وضعیت الکترون‌های آن است. وضعیت الکترونی یک اتم، تعداد و نوع پیوندهایی که این اتم می‌تواند داشته باشد را مشخص می‌کند.

### تشکیل پیوند با کربن

کربن در کل دارای ۶ الکترون می‌باشد، که ۲ تای آنها در لایه الکترونی اول و ۴ تای دیگر در لایه الکترونی دوم قرار دارند. این عنصر به علت داشتن ۴ الکترون در لایه دوم که می‌تواند ۸ الکترون را در خود جای دهد، با گرفتن و یا از دست دادن ۴ الکترون به حالت پایدار می‌رسد. ولی اتم‌های کربن معمولاً لایه ظرفیت خود را با به اشتراک گذاشتن الکترون با دیگر اتم‌ها کامل کرده و پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهند. بنابراین هر اتم کربن به مانند یک چهارراه رفتار می‌کند و مولکول حاصل می‌تواند در هر چهار جهت پیشروی کند. این چهار ظرفیتی بودن کربن یکی از عواملی است که موجب می‌شود ساخت مولکول‌های بزرگ و پیچیده ممکن باشد.

بیشرفت شیمی آلی موجب شد تفکر زیستی از نظریه حیات‌گرایان به نظریه مکانیسمی تغییر پیدا کند. نظریه مکانیسمی بیان می‌کند که همه پدیده‌ها و فرایندهای زیستی از قوانین فیزیکی و شیمیایی پیروی می‌کنند. تعریف شیمی آلی نیز به صورت شیمی بررسی ترکیبات کربن‌دار، صرف‌نظر از منشأ آنها، تغییر کرد. بیشتر ترکیبات آلی به وسیله موجودات زنده ساخته می‌شوند و این مولکول‌ها از نظر گوناگونی و پیچیدگی با ترکیبات آلی مصنوعی غیرقابل مقایسه‌اند. ولی به هر حال قوانین شیمیایی یکسانی بر مولکول‌های آلی و غیرآلی حکم فرماست. همه شیمی آلی یک نیروی حیاتی قابل لمس نیست اما تطبیق‌پذیری بی‌همتای عنصر کربن کاملاً آشکار است.

## پرسش‌های مبحث ۱-۴

۱ چرا ولر از اینکه اوره ساخته بود، تعجب کرد؟

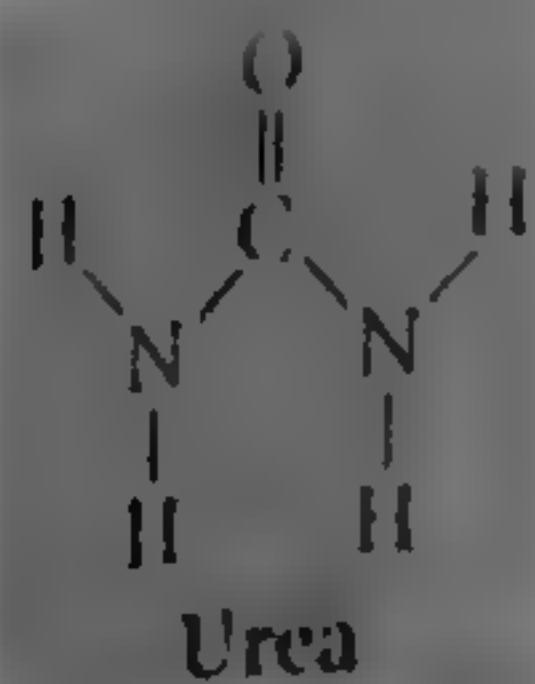
۲ **چه می‌شد اگر؟** هنگامی که میلر آزمایش خود را بدون تخلیه الکتریکی انجام داد، ترکیبات آلی ساخته نشدند. چه چیزی می‌تواند این نتیجه را توضیح دهد؟

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.



ندارد. همان گونه که پیش تر نیز اشاره شد  $CO_2$  منبع کربن برای همه ترکیبات آلی جانداران است.

مولکول نسبتاً ساده دیگر اوره است:  $CO(NH_2)_2$ . این ترکیب



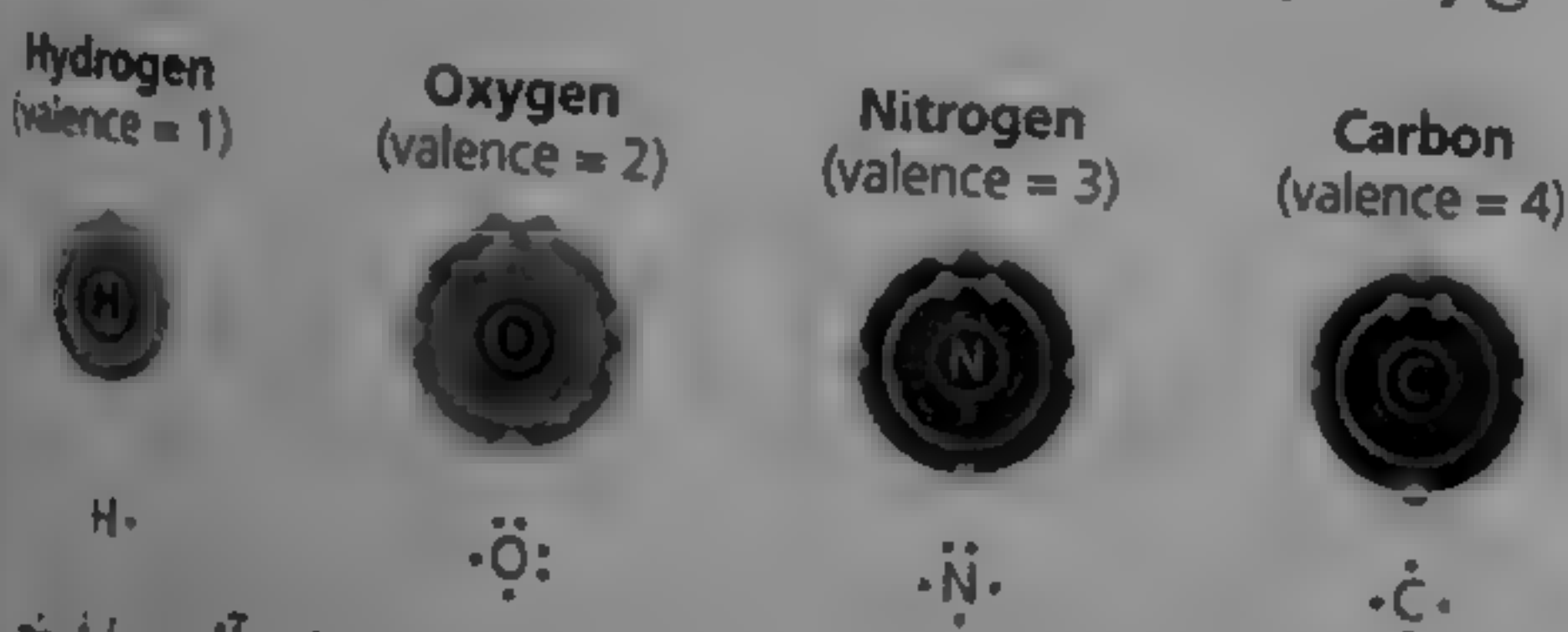
آلی در ادرار یافت می شود و وولر توانست در اوایل قرن نوزدهم آن را در آزمایشگاه بسازد. فرمول ساختاری اوره را در شکل مقابل می بینید. باز هم می بینید که هر اتم دارای چند پیوند کووالانسی مورد نیاز خود است. در این مولکول، اتم کربن، هم دارای

پیوند کووالانسی ساده و هم دارای پیوند کووالانسی دوگانه است.

مولکول اوره و کربن دی اکسید، تنها دارای یک اتم کربن هستند، اما همان گونه که شکل ۳-۴ نشان می دهد، اتم کربن می تواند از یک یا تعداد بیشتری از الکترون های لایه ظرفیت خود استفاده کند و با دیگر اتم های کربن پیوند کووالانسی برقرار نماید چنین ویژگی، این امکان را پدید می آورد که اتم ها بتوانند زنجیره های بلند و بی شمار بسازند.

### گوناگونی مولکولی، ناشی از اسکلت های کربنی مختلف است

زنجیره های کربنی، اسکلت مولکول های آلی را می سازند (شکل ۵-۴). اسکلت های کربنی ممکن است از لحاظ بلندی گوناگون باشند و یا به صورت خطی، شاخه دار و حتی حلقه های نزدیک به هم باشند. برخی از اسکلت های کربنی دارای پیوندهای دوگانه اند که از لحاظ تعداد و محل قرارگیری پیوند با یکدیگر تفاوت دارند. این گوناگونی در اسکلت کربنی، خود یکی از عوامل مهم ایجاد پیچیدگی و گوناگونی در مولکول های زیستی است که از ویژگی های ماده زنده می باشد. علاوه بر این، اتم های دیگر عناصر می توانند در جای مناسب با زنجیره کربنی پیوند برقرار کنند.



▲ شکل ۴-۴ ظرفیت عناصر اصلی در مولکول های آلی. ظرفیت تعداد پیوندهای کووالانسی است که یک اتم می تواند تشکیل دهد و معمولاً برابر تعداد الکترون هایی است که اتم نیاز دارد تا بیرونی ترین لایه الکترونی خود (لایه ظرفیت خود) را کامل کند (شکل ۹-۲ را ببینید)

### (تجربا دهید)

سولفور و کلر رسم کنید

هنگامی که یک اتم کربن پیوندهای کووالانسی ساده ایجاد می کند، آرایش چهار اربیتال هیبرید آن باعث می شود پیوندها به سوی گوشه های یک هرم فرضی خم شوند (شکل ۱۶b-۲ را ببینید). زاویه پیوندی در متان ( $CH_4$ )  $109.5^\circ$  است (شکل ۳a-۴). این زاویه تقریباً در همه مولکول هایی که در آنها اتم کربن چهار پیوند ساده دارد، یکسان می باشد. برای مثال اتان ( $C_2H_6$ ) ساختاری مانند دو هرم دارد که از رأس شان هم پوشانی دارند (شکل ۳b-۴). این ویژگی در مولکول هایی که شمار بیشتری کربن دارند نیز صادق است و در آنها هر گروه کربن و چهار اتم پیوندی آن، شکلی مانند هرم پیدا می کنند. اما هنگامی که اتم های کربن با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل می شوند، همه پیوندهای موجود در پیرامون آن کربن ها در یک صفحه قرار می گیرند. برای مثال، اتان ( $C_2H_4$ ) یک مولکول مسطح است و همه اتم های آن در یک صفحه قرار دارند (شکل ۳c-۴). ما فرمول های ساختاری را به صورت مسطح نشان می دهیم. اما دقت کنید که مولکول ها دارای حجم و سه بعد هستند و اغلب، این شکل مولکول است که ویژگی آن را مشخص می کند.

وضعیت الکترونی کربن به آن این توانایی را می دهد تا بتواند با بسیاری از اتم ها پیوند کووالانسی برقرار کند. شکل ۴-۴ لایه های الکترونی چهار عنصر اصلی ترکیبات آلی را نشان می دهد. از فصل ۲ به خاطر دارید که این گونه الگوها به ما امکان می دهند لایه ظرفیت کربن و دیگر عناصر اصلی ترکیبات آلی، یعنی اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن را بررسی کنیم. در شیمی آلی، ظرفیت عناصر به عنوان پایه های قوانین پیوند کووالانسی در نظر گرفته می شود. ظرفیت عناصر، رمز ساختاری است که شکل ساختاری مولکول های آلی را کنترل می کند.

دو مثال دیگر نشان می دهند که نحوه پیوند کووالانسی اتم کربن با دیگر اتم ها چگونه است. در مولکول کربن دی اکسید ( $CO_2$ )، یک اتم کربن با دو پیوند کووالانسی دوگانه به دو اتم اکسیژن متصل شده است. در شکل زیر فرمول ساختاری  $CO_2$  را می بینید:



در فرمول ساختاری، هر خط نشانه یک جفت الکترون اشتراکی است. توجه داشته باشید که اتم کربن در مولکول  $CO_2$  دارای ۲ پیوند دوگانه است که خود برابر چهار پیوند ساده است. این چیدمان، لایه های ظرفیت همه اتم های این مولکول را تکمیل می کند. چون مولکول کربن دی اکسید بسیار ساده و کوچک و در ضمن بدون هیدروژن است، معمولاً آن را غیر آلی به شمار می آورند. با وجودی که دارای کربن است. خواه،  $CO_2$  را آلی و خواه غیر آلی بنامیم، هیچ شکی در مورد نقش مهم  $CO_2$  در چرخه حیات وجود

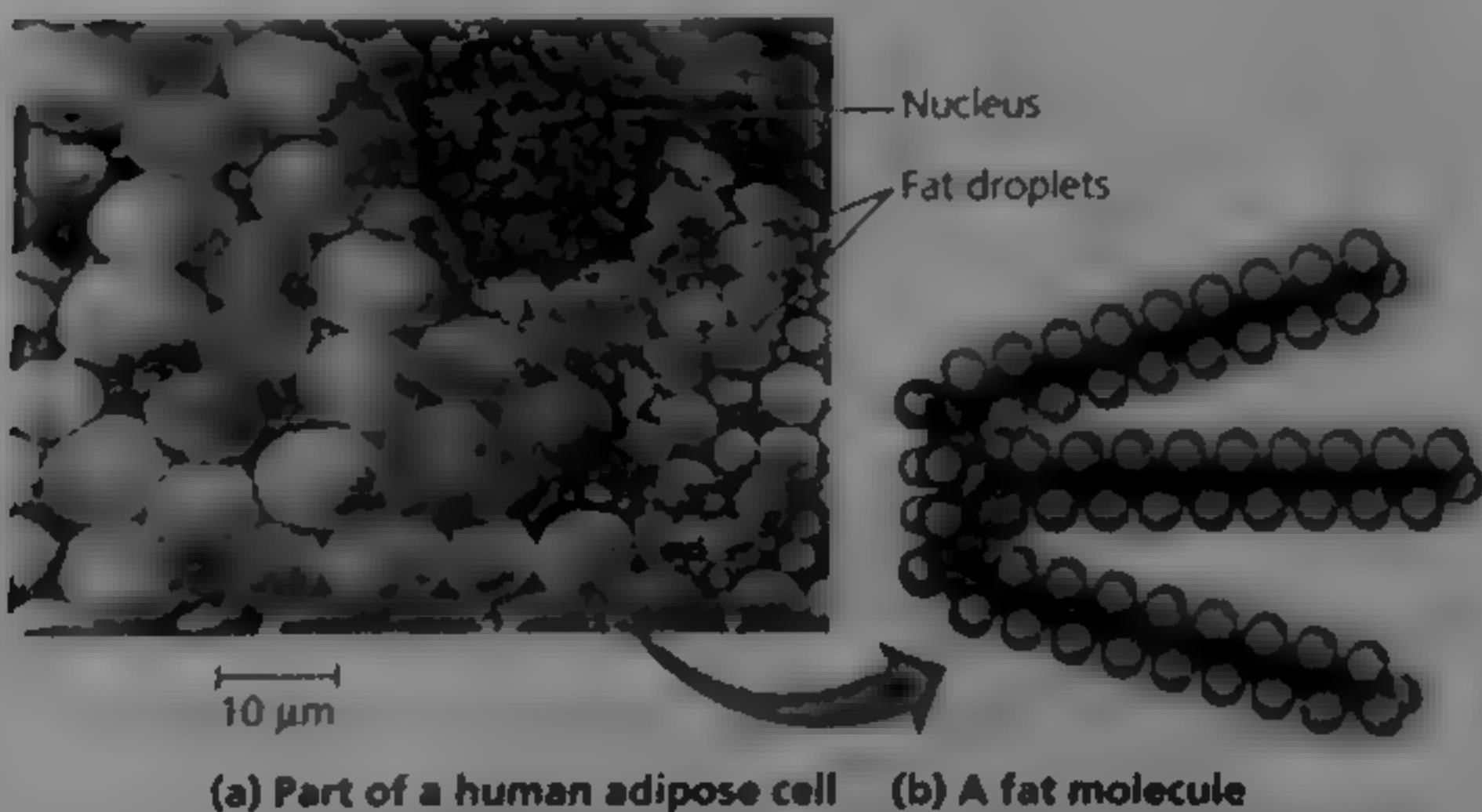


## شکل ۴-۵ گوناگونی در اسکلت‌های کربنی.

با آنکه هیدروکربن‌ها چندان در جانداران یافت نمی‌شوند، بسیاری از مولکول‌های آلی سلول‌ها، بخش‌هایی دارند که تنها از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند. برای نمونه، مولکول‌های چربی دم‌های بلند هیدروکربنی دارند که به بخشی غیرهیدروکربنی متصل می‌شود (شکل ۴-۶). چربی و نفت خام، هر دو در آب نامحلول هستند و از ترکیبات آب‌گریز به‌شمار می‌آیند، زیرا بیشتر پیوندهای آنها از نوع پیوند غیرقطبی کربن-هیدروژن می‌باشد. از دیگر ویژگی هیدروکربن‌ها این است که می‌توانند انرژی فراوانی تولید کنند. گازوئیلی که به‌عنوان سوخت در ماشین‌های دیزل مصرف می‌شود، از هیدروکربن ساخته شده است و دم‌های هیدروکربنی مولکول‌های چربی نیز سوخت ذخیره‌ای جانوران به‌شمار می‌رود.

## ایزومرها

گوناگونی ساختمان مولکول‌های آلی را می‌توان در ایزومرها دید. ایزومرها ترکیباتی هستند که دارای تعداد و انواع یکسانی از اتم‌های مشابه می‌باشند اما به‌دلیل ساختار متفاوت، ویژگی‌های گوناگونی دارند. برای مثال، دو مولکول پنتانی<sup>۱</sup> که در شکل ۴-۷a می‌بینید را با هم مقایسه کنید. هر دو دارای فرمول مولکولی  $C_5H_{12}$  می‌باشند اما تفاوت کلیدی، در نحوه آرایش کووالانسی اسکلت کربنی آنهاست. اسکلت کربنی در یکی به‌صورت خطی و در دیگری به‌صورت منشعب است. اکنون به بررسی سه نوع ایزومر می‌پردازیم: ایزومرهای ساختمانی<sup>۲</sup>، ایزومرهای سیس-ترانس<sup>۳</sup> و انانتیومرها<sup>۴</sup>.

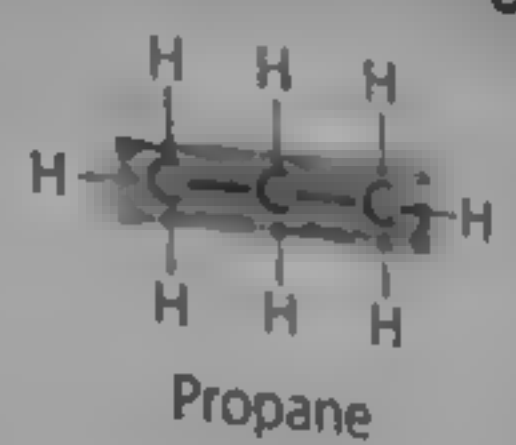
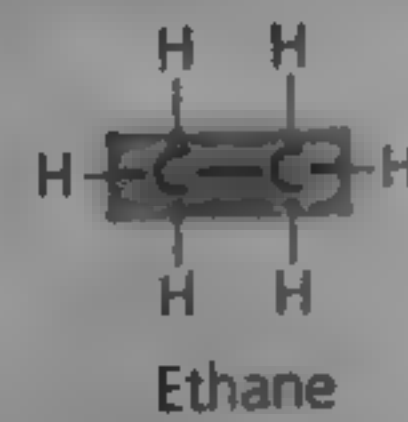


(a) Part of a human adipose cell (b) A fat molecule

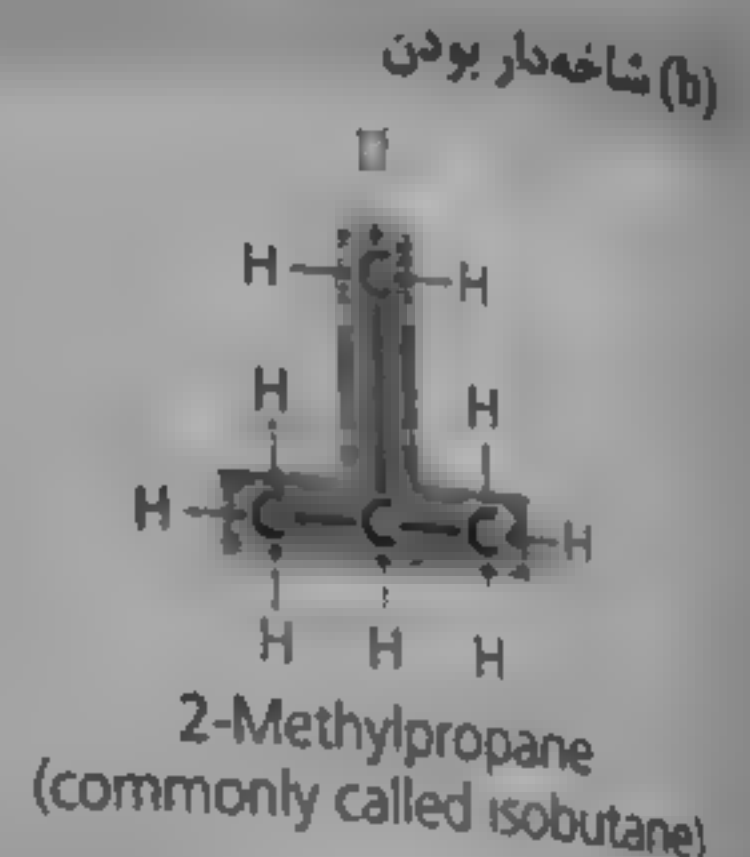
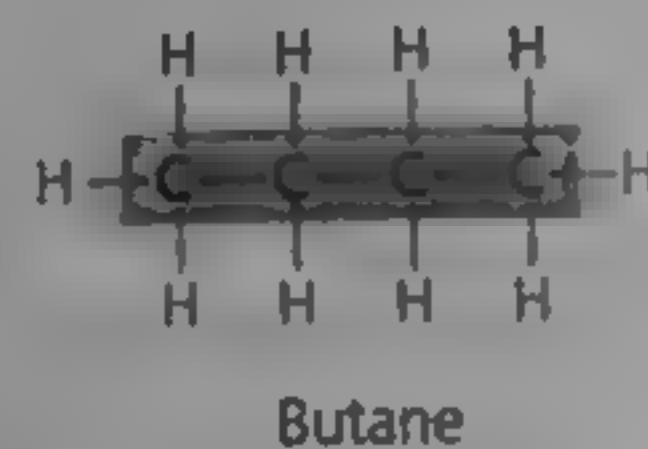
▲ شکل ۴-۶ نقش هیدروکربن‌ها در چربی‌ها. (a) سلول‌های چربی پستانداران، مولکول‌های چربی را به‌عنوان منبع سوخت در خود انباشته می‌کند. همان‌گونه که در این ریزنگار می‌بینید، سلول از قطره‌های چربی بزرگی پر شده است که این قطره‌ها خود از تعداد فراوانی مولکول چربی ساخته شده‌اند. (b) مولکول چربی از یک بخش غیرهیدروکربنی کوچک ساخته شده است که به سه دم (زنجیره) هیدروکربنی پیوند شده است. دم‌ها می‌توانند تجزیه شوند و انرژی تولید کنند. همچنین این بخش‌ها مسئول خاصیت آب‌گریزی چربی‌ها هستند (سیاه = کربن؛ خاکستری = هیدروژن؛ قرمز = اکسیژن).

ارتباط دهید: دم‌ها چگونه سبب آب‌گریزی چربی‌ها می‌شوند؟

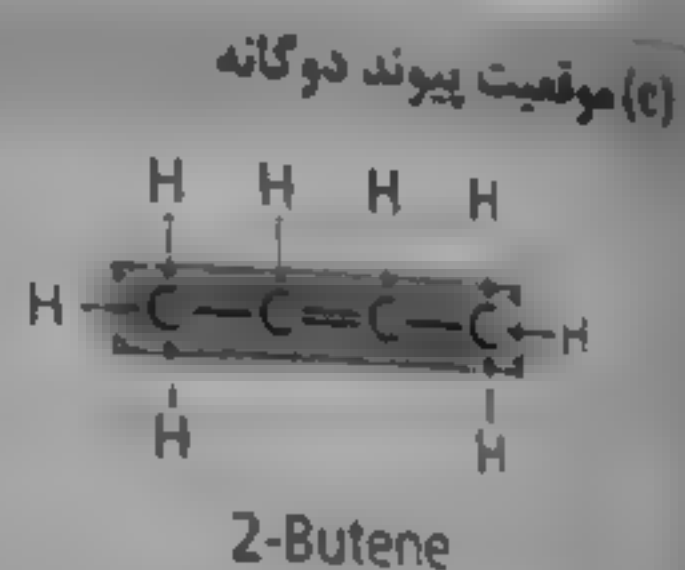
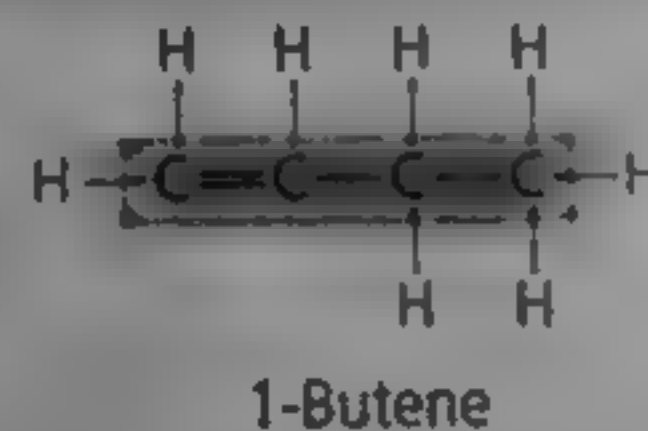
- 1 - Pentane
- 2 - Structural Isomers
- 3 - Cis - trans
- 4 - Enantiomers



Carbon skeletons vary in length.



Skeletons may be unbranched or branched



The skeleton may have double bonds, which can vary in location



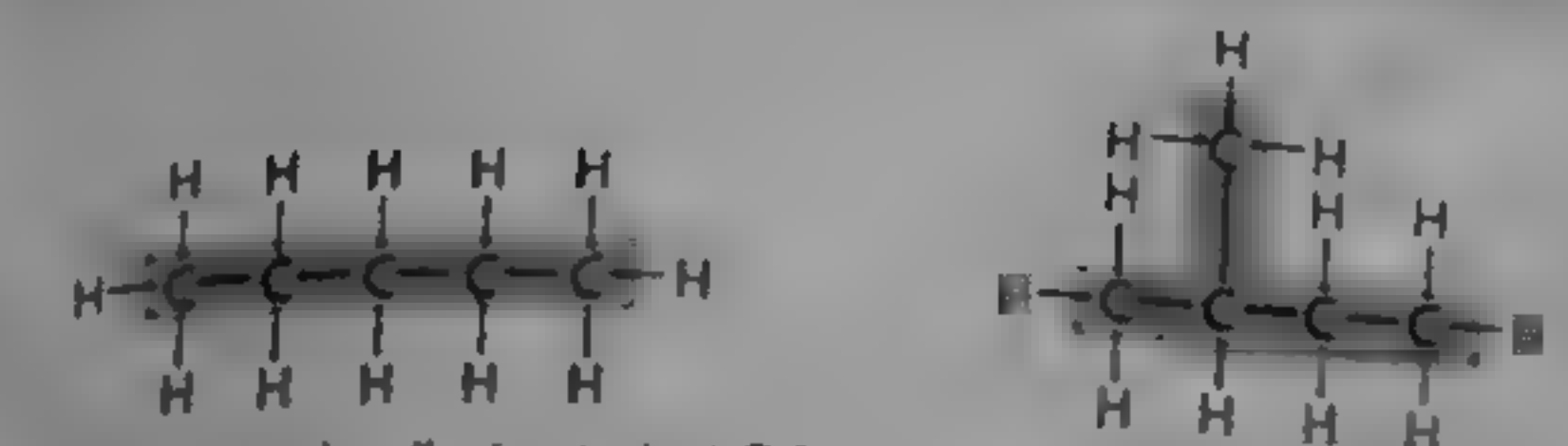
Some carbon skeletons are arranged in rings. In the abbreviated structural formula for each compound (at the right), each corner represents a carbon and its attached hydrogens.

## هیدروکربن‌ها

همه مولکول‌هایی که در شکل‌های ۴-۳ و ۴-۵ می‌بینید هیدروکربن هستند، یعنی ترکیبات آلی که تنها از هیدروژن و کربن ساخته شده‌اند. اتم‌های هیدروژن در جاهایی از زنجیره کربنی که الکترون برای پیوند کووالانسی وجود دارد به زنجیره کربنی متصل شده‌اند. هیدروکربن‌ها اصلی‌ترین جزء نفت خام هستند. به نفت خام سوخت فسیلی می‌گویند، زیرا از باقی‌مانده‌های سست‌تجزیه‌شده جاندارانی که میلیون‌ها سال پیش زندگی می‌کردند، ساخته شده است.



شکل ۴-۷ سه نوع مختلف ایزومر ابرومر مرکباتی را نشان می‌دهد  
(a) ایزومرهای ساختمانی



همان‌طور که در این مثال دو ایزومر از  $C_5H_{12}$  (پنتان (چپ) و ۲-متیل بوتان (راست)) نشان داده شده است، ایزومرهای ساختمانی در نحوه برقراری پیوند کووالانسی بین اتم‌ها نشان تفاوت دارند.

(b) ایزومرهای سیس - ترانس

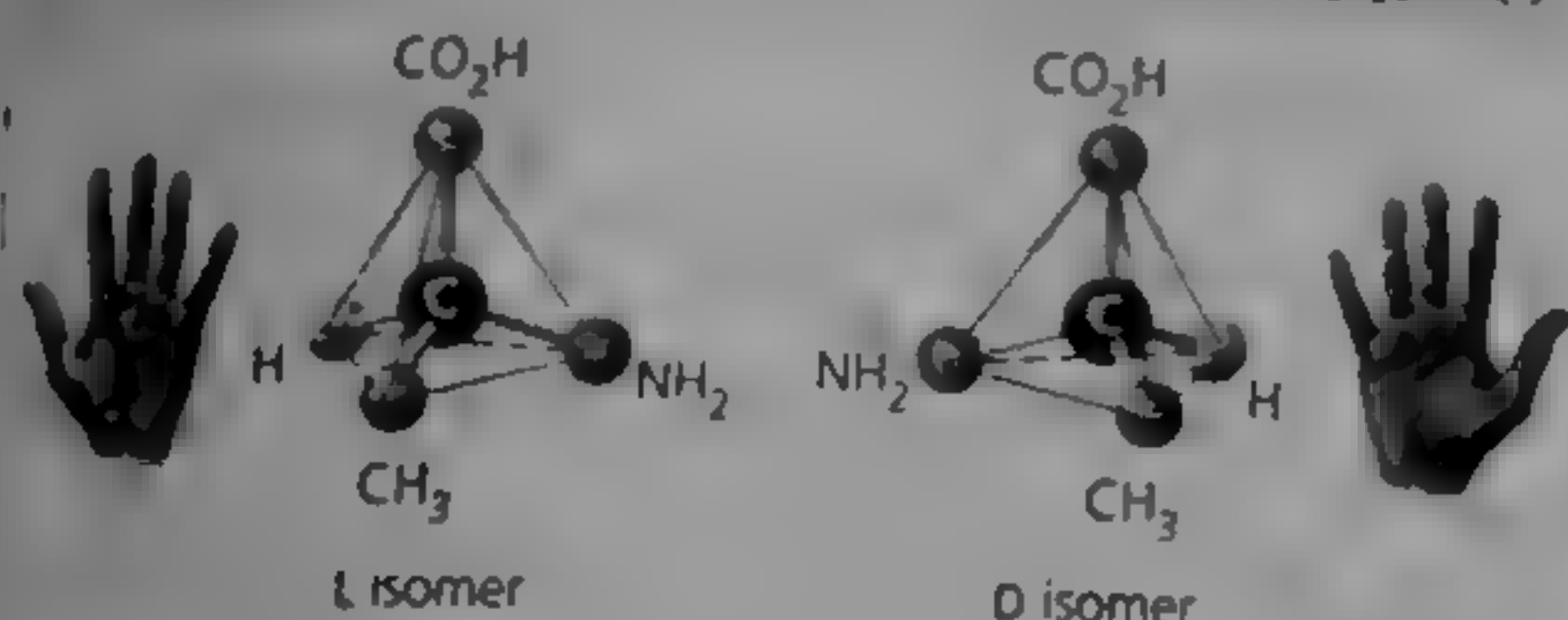


*cis* isomer: The two Xs are on the same side

*trans* isomer: The two Xs are on opposite sides

ایزومرهای سیس و ترانس در آرایش اتم‌ها حول یک پیوند دوگانه تفاوت دارند. در این دیاگرام‌ها X یک اتم یا گروهی از اتم‌های متصل به یک کربن دارای پیوند دوگانه را نشان می‌دهد.

(c) آنانتیومرها



آنانتیومرها در آرایش فضایی اتم‌ها حول یک کربن نامتقارن تفاوت دارند؛ این مولکول‌ها تصاویر آینه‌ای یکدیگر هستند (همانند دست چپ و راست). دو ایزومر به صورت L و D نشان داده می‌شوند (از کلمات لاتین برای "Left" و "Right" (dextro) گرفته شده است). آنانتیومرها را نمی‌توان بر روی یکدیگر تطبیق داد.

**نکته:** سه ایزومر ساختمانی برای  $C_5H_{12}$  وجود دارد، یکی از این ساختارها را

که در (a) نشان داده شده رسم کنید.

آنانتیومرها در صنعت داروسازی اهمیت دارند، زیرا دو آنانتیومر یک دارو ممکن است تأثیر یکسانی نداشته باشند؛ مانند آنچه که در مورد ایسوپروپن و آلبوتروپ که در درمان آسم به کار می‌رود، مشاهده می‌شود (شکل ۴-۸). متامفتامین نیز دارای دو آنانتیومر است که اثرات بسیار متفاوتی دارند. یکی از این آنانتیومرها «کرانک» است که یک داروی محرک بسیار اعتیادآور است و به صورت غیر قانونی در خیابان‌ها فروخته می‌شود. آنانتیومر دیگر اثر بسیار ضعیف‌تری دارد و حتی دیده شده که به عنوان یکی از اجزای اسپری (بخار) استنشاقی برای درمان احتقاق بینی به کار می‌رود؛ آثار متفاوت آنانتیومرها در بدن نشان می‌دهد که موجودات حتی به ظریف‌ترین تغییرات ساختار مولکولی حساس هستند. بار دیگر می‌بینیم که ویژگی‌های ظاهری مولکول‌ها بستگی به طرز قرارگیری اتم‌های آنها دارد.

ایزومرهای ساختمانی از نظر شیوه قرار گرفتن اتم‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. تعداد ایزومرهای ساختمانی با افزایش تعداد کربن موجود در اسکلت کربنی به شکل خارق‌العاده‌ای افزایش می‌یابد. برای مثال، تنها سه نوع پنتان وجود دارد (دو نوع از آنها در شکل ۴-۷a نمایش داده شده‌اند)، اما ۱۸ نوع مختلف از  $C_8H_{18}$  و ۳۶۶۳۱۹ نوع ایزومر برای  $C_{40}H_{82}$  قابل پیش‌بینی است. ایزومرهای ساختمانی ممکن است از لحاظ جایی که پیوند دوگانه وجود دارد هم با یکدیگر متفاوت باشند.

ایزومرهای سیس - ترانس دارای شرکای کووالانسی<sup>۱</sup> مشابهی هستند، اما از لحاظ شیوه قرارگیری فضایی با یکدیگر تفاوت دارند. ایزومر هندسی از خاصیت پیوند دوگانه ناشی می‌شود که برخلاف پیوند ساده، به اتم‌ها اجازه نمی‌دهد آزادانه حول محور پیوند بچرخند. هرگاه دو اتم کربن که هریک دارای دو گروه متفاوت از اتم‌ها هستند با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شوند، آن‌گاه امکان ایجاد ۲ نوع ایزومر هندسی وجود دارد. مثال ساده‌ای که در شکل ۴-۷b رسم شده را در نظر بگیرید. هریک از کربن‌ها دارای یک H و یک X می‌باشد، اما یکی از ایزومرها به صورت «cis» است، یعنی هر دو X آن در یک سوی پیوند دوگانه قرار دارند، و ایزومر دیگر «trans» است. بعضی Xهای آن نسبت به پیوند دوگانه، مقابل هم هستند. این تفاوت کوچک بین ایزومرهای هندسی می‌تواند ویژگی‌های شیمیایی این مولکول‌های آلی را به کلی با هم متفاوت کند. برای مثال در فرایند پوشش‌دهی بیایی، تحریک رودوپسین، (ماده‌ای شیمیایی که در چشم وجود دارد) به وسیله نور موجب تغییر آن از حالت cis به trans می‌شود (به فصل ۵۰ مراجعه کنید).

آنانتیومرها مولکول‌هایی هستند که تصویر آینه‌ای یکدیگرند. در الگوی گوی و میله‌ای که در شکل ۴-۷c می‌بینید، به کربن میانی، کربن نامتقارن<sup>۲</sup> می‌گویید، چون با چهار اتم یا گروه متفاوت پیوند دارد. این گروه‌ها می‌توانند به دو شکل پیرامون کربن نامتقارن قرار بگیرند که این دو شکل قریبه (تصویر آینه‌ای) یکدیگرند. آنها در حقیقت نسخه چپ‌گرد و یا راست‌گرد مولکول هستند. سلول‌ها معمولاً این دو نوع ایزومر را از راه تفاوت آنها در شکل‌شان شناسایی می‌کنند. عموماً یکی از ایزومرها شکل فعال و نوع دیگر شکل غیرفعال یک ماده‌اند.

1 - Covalent partnerships

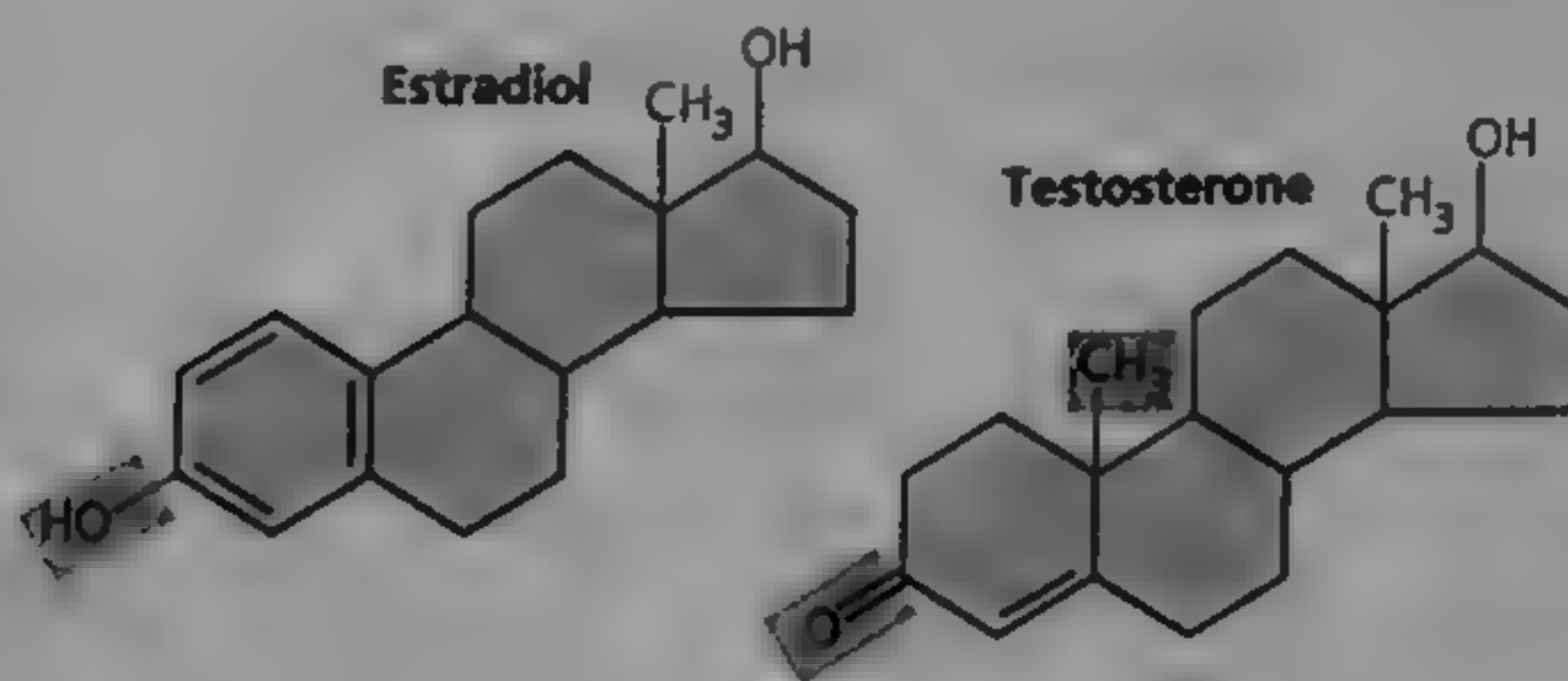
2 - Asymmetric carbon



هر مولکول بستگی به تعداد و طرز قرارگیری گروه‌های شیمیایی آن مولکول دارد.

## گروه‌های شیمیایی که مهمترین نقش را در فرایندهای حیات دارند

تفاوت بین استرادیول (نوعی استروژن) و تستوسترون را در نظر بگیرید. این ترکیبات به ترتیب هورمون‌های جنسی زنانه و مردانه در انسان و سایر مهره‌داران هستند. هر دو هورمون استروئیدی هستند و اسکلت کربنی یکسانی دارند که از ۴ حلقه به هم پیوسته تشکیل شده است. این هورمون‌های جنسی تنها در گروه‌های شیمیایی متصل به حلقه‌ها (در اینجا به صورت مختصر نشان داده شده‌اند) با هم متفاوتند. تفاوت‌های ساختاری در شکل به رنگ آبی نشان داده شده‌اند.



تفاوت عمل این دو مولکول در بسیاری از بافت‌های سراسر بدن، به ایجاد ویژگی‌های آناتومیکی و فیزیولوژیکی متفاوت در مهره‌داران نر و ماده کمک می‌کند. بنابراین حتی تفاوت صفات جنسی ما نیز مربوط به تفاوت در ساختار مولکولی است.

در مورد هورمون‌های جنسی، گروه‌های شیمیایی متفاوت با تأثیر بر روی شکل مولکول نقش خود را ایفا می‌کنند. در سایر موارد، گروه‌های شیمیایی از طریق مشارکت مستقیم در واکنش‌های شیمیایی بر روی عملکرد مولکول تأثیر می‌گذارند؛ این گروه‌های شیمیایی مهم گروه‌های عامل نامیده می‌شوند. گروه‌های عامل در مولکول‌های آلی گوناگون به روش خاصی در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کنند.

هفت گروه شیمیایی که در فرایندهای زیستی از بقیه مهم‌ترند، گروه‌های هیدروکسیل، کربونیل، کربوکسیل، آمینو، سولفیدریل، فسفات و متیل هستند. شش گروه اول می‌توانند به عنوان گروه‌های عامل عمل کنند؛ این گروه‌ها هیدروفیل نیز بوده و از این رو حلالیت ترکیبات آلی را در آب افزایش می‌دهند. گروه متیل واکنش‌گر نیست و اغلب به عنوان یک برجسب قابل شناسایی در مولکول‌های زیستی عمل می‌کند. برای آشنایی با این گروه‌های شیمیایی مهم شکل ۴-۹ را مطالعه کنید.

Drug	Condition	Effective Enantiomer	Ineffective Enantiomer
Ibuprofen	Pain, inflammation	S-Ibuprofen	R-Ibuprofen
Albuterol	Asthma	R-Albuterol	S-Albuterol

▲ شکل ۴-۸ اهمیت دارویی انانتیومرها. ایبوپروفن و آل‌بوترول از جمله داروهایی هستند که انانتیومرهایشان آثار متفاوتی دارند (حروف S و R در سیستم نام‌گذاری، برای تمایز بین انانتیومرها به کار می‌روند). ایبوپروفن التهاب و درد را کاهش می‌دهد و معمولاً به صورت محلولی از این دو انانتیومر فروخته می‌شود. انانتیومر S صد برابر مؤثرتر از R است. آل‌بوترول برای سبب کردن عضلات برونشی به کار می‌رود و جریان هوا را در مجاری برونشی بیماران آسمی بهبود می‌بخشد. تنها آل‌بوترول R ساخته شده و به عنوان دارو فروخته می‌شود. شکل S، شکل R فعال را حتمی می‌کند.

## پرسش‌های مبحث ۲-۴

۱. **رسم کنید** فرمول ساختمانی  $C_7H_8$  را رسم کنید.
۲. به شکل ۴-۵ نگاه کنید و بگوئید کدام جفت از مولکول‌ها ایزومر هستند و نوع ایزومری آنها را نیز مشخص کنید.
۳. تشابه شیمیایی مولکول چربی و گازوئیل چیست؟
۴. **چه می‌شود اگر؟** آیا پروپان ( $C_3H_8$ ) می‌تواند ایزومرهایی را تشکیل دهد؟

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به صمیمه A مراجعه کنید.

## ۳-۴ گروه‌های شیمیایی معدودی در عملکرد مولکول‌های

### زیستی نقش کلیدی دارند

ویژگی‌های متفاوت مولکول‌های آلی علاوه بر طرز قرارگیری اسکلت کربنی آن، به گروه‌های شیمیایی متصل به اسکلت نیز بستگی دارد. می‌توان هیدروکربن‌ها (ساده‌ترین مولکول‌های آلی) را به عنوان چارچوب اصلی برای مولکول‌های آلی پیچیده‌تر در نظر گرفت. برخی گروه‌های عاملی می‌توانند جایگزین یک یا تعداد بیشتری از هیدروژن‌های متصل به اسکلت کربنی مولکول هیدروکربنی شوند. همان‌طور که خواهیم دید برخی از گروه‌ها شامل اتم‌های اسکلت کربنی می‌شوند. این گروه‌ها ممکن است در واکنش‌های شیمیایی شرکت کنند یا ممکن است از طریق تأثیر بر شکل مولکولی، به طور غیر مستقیم عمل کنند. ویژگی‌های مختص



در مورد شیمیایی

در مورد

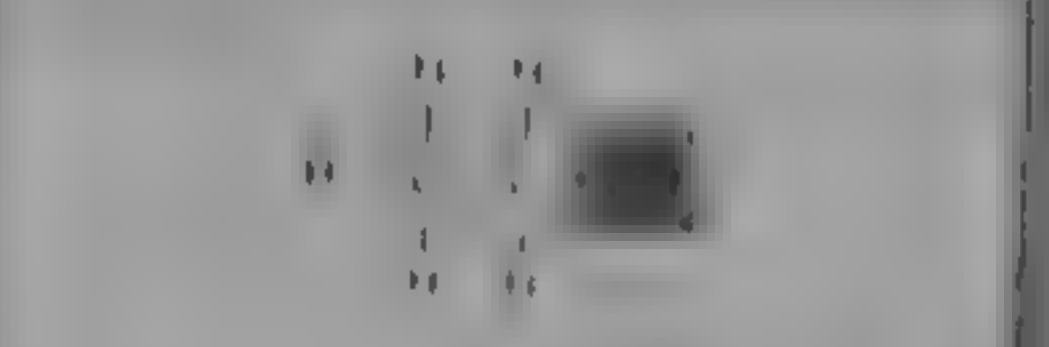
در مورد

در مورد

در مورد شیمیایی

تفاوت بین مواد معدنی و مواد آلی  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

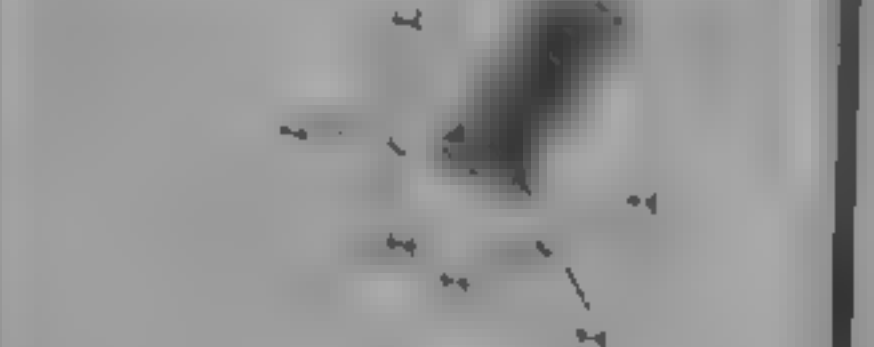


انواع مختلف مواد معدنی در طبیعت

• فلزی است و به همراه سایر فلزات در طبیعت یافت می شود.  
• فلزی است و به همراه سایر فلزات در طبیعت یافت می شود.  
• فلزی است و به همراه سایر فلزات در طبیعت یافت می شود.

تفاوت بین مواد معدنی و مواد آلی  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

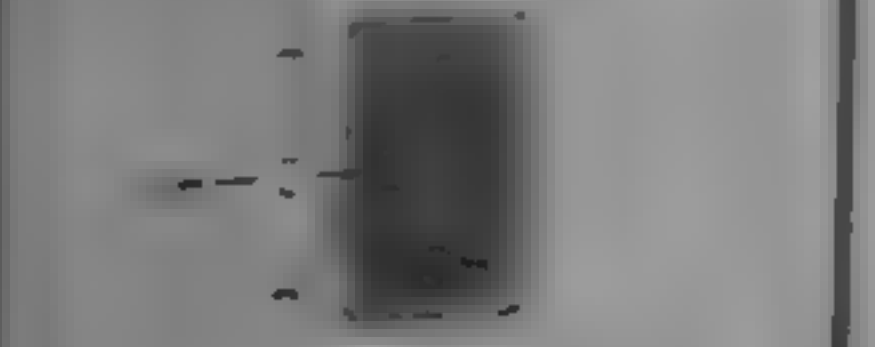


انواع مختلف مواد معدنی در طبیعت

• همان طور که در مورد کربن و هیدروژن می بینیم، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.  
• همان طور که در مورد کربن و هیدروژن می بینیم، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.  
• همان طور که در مورد کربن و هیدروژن می بینیم، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.

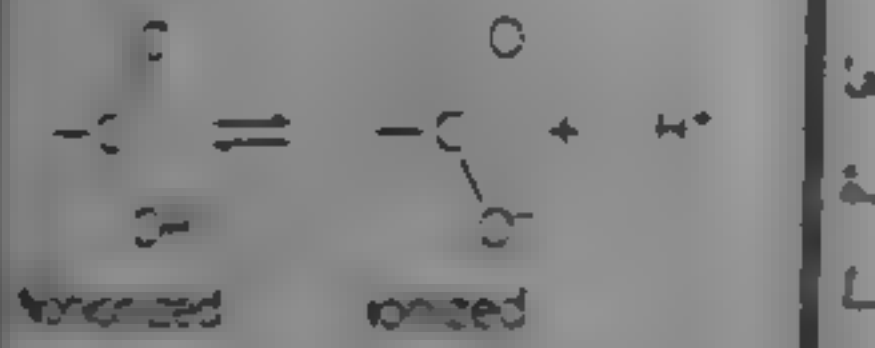
تفاوت بین مواد معدنی و مواد آلی  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.  
مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

مواد معدنی در طبیعت یافت می شود و مواد آلی در آزمایشگاه ساخته می شود.

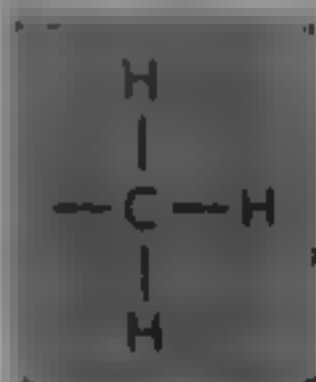
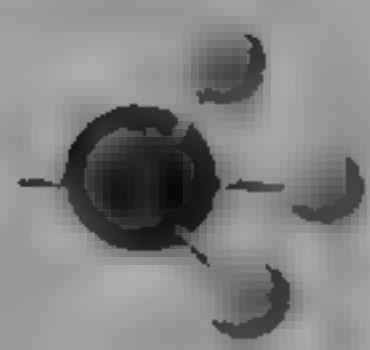


انواع مختلف مواد معدنی در طبیعت

• در طبیعت، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.  
• در طبیعت، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.  
• در طبیعت، کربن و هیدروژن با هم ترکیب می شوند و مواد آلی را تشکیل می دهند.

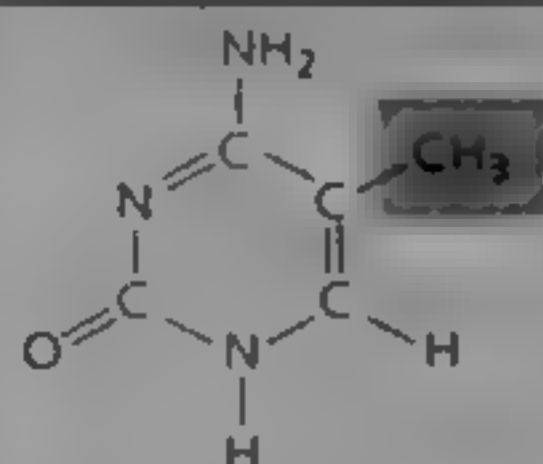






گروه متیل ( $-\text{CH}_3$ ) از یک اتم کربن متصل به سه اتم هیدروژن تشکیل شده است. کربن گروه متیل می‌تواند به کربن یا اتم دیگری وصل شود

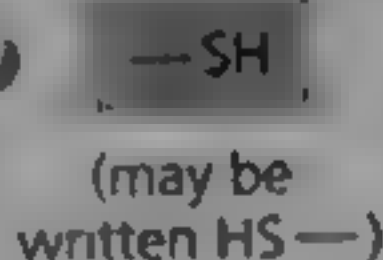
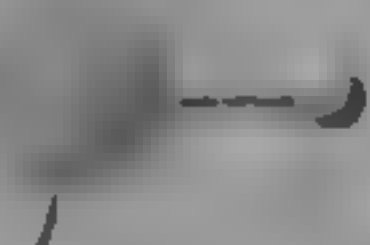
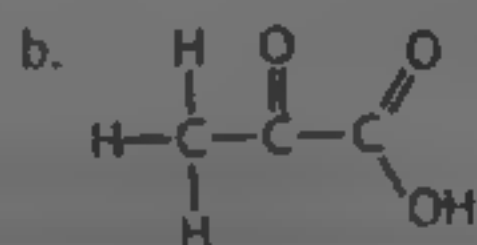
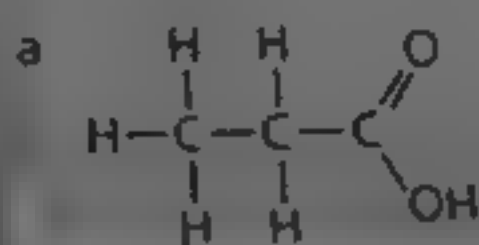
#### ترکیبات متیله



۵- متیل سییتیدین، حربی از DNA که با اضافه شدن یک گروه متیل تغییر یافته است

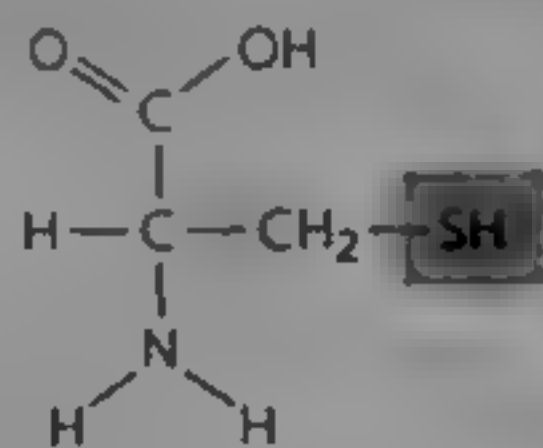
- افزودن یک گروه متیل به DNA یا به مولکول‌های متصل به DNA بر روی بیان ژن‌ها تأثیر می‌گذارد.
- طرز قرارگیری گروه‌های متیل در هورمون‌های جنسی زنانه و مردانه، بر روی شکل و عملکرد آنها تأثیر می‌گذارد

**ارتباط دهید** با توجه به اطلاعات موجود در این شکل و آنچه در مورد الکترونگاتیویته اکسیژن آموختید (مبحث ۲-۳ را ملاحظه کنید)، پیش‌بینی کنید کدام یک از مولکول‌های مقابل اسید قوی‌تری است. (مبحث ۲-۳ را ملاحظه کنید). پاسخ خود را توضیح دهید.



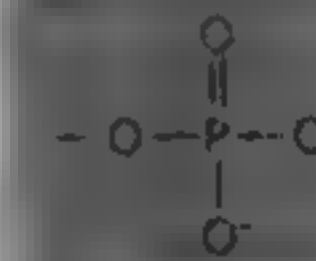
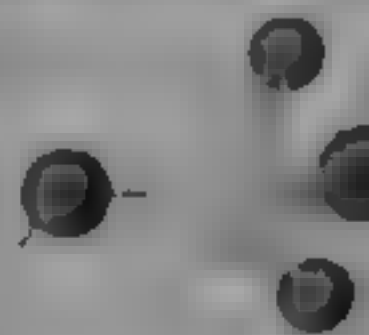
گروه سولفیدریل ( $-\text{SH}$ ) از یک اتم سولفور متصل به یک اتم هیدروژن تشکیل شده است. شکل این گروه مانند گروه هیدروکسیل است.

#### تیول‌ها



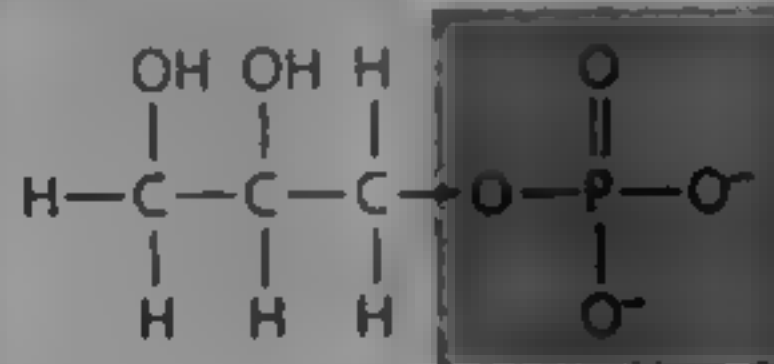
سیستئین، آمینواسید مهم حاوی سولفور

- دو گروه سولفیدریل می‌توانند با هم واکنش داده و پیوند کووالان تشکیل دهند. این «اتصال عرضی» به پایداری ساختار پروتئینی کمک می‌کند (شکل ۲۰-۱۵ ساختار سوم را ملاحظه کنید).
- اتصال عرضی سیستئین‌ها در پروتئین‌های مو، صاف یا فر بودن مو را سبب می‌شود. موی صاف را می‌توان با پیچیدن اطراف حلقه و سپس شکستن و تشکیل دوباره پیوندهای عرضی، به طور دائم فر کرد.



در گروه فسفات که در اینجا نشان داده شده است، یک اتم فسفر به چهار اتم اکسیژن متصل شده است؛ یکی از اتم‌های اکسیژن به اسکلت کربنی وصل است؛ دو اکسیژن دارای بار منفی هستند ( $-\text{OPO}_3^-$ ). در این کتاب  $\text{P}$  معرف گروه فسفات اتصال‌یافته است.

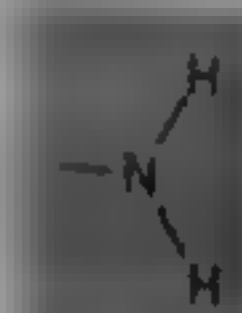
#### فسفات‌های آلی



گلیسرول فسفات، که در بسیاری از واکنش‌های مهم شیمیایی در سلول‌ها شرکت می‌کند؛ گلیسرول فسفات همچنین ستون فسفولیپیدها را تأمین می‌کند که بیشترین مولکول‌ها در غشاهای سلولی هستند.

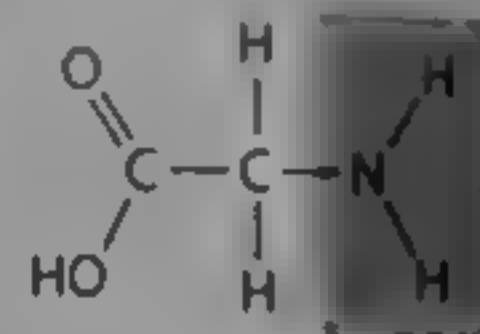
- به مولکول بار منفی می‌دهند (هنگامی که در انتهای مولکول قرار می‌گیرند به آن مولکول بار ۲- می‌دهند، مانند آنچه که در بالا دیده می‌شود؛ هنگامی که در داخل زنجیره فسفاتی قرار می‌گیرند دارای بار ۱- هستند).

- مولکول‌های حاوی گروه‌های فسفات، این پتانسیل را دارند که با آب واکنش داده و انرژی آزاد کنند.



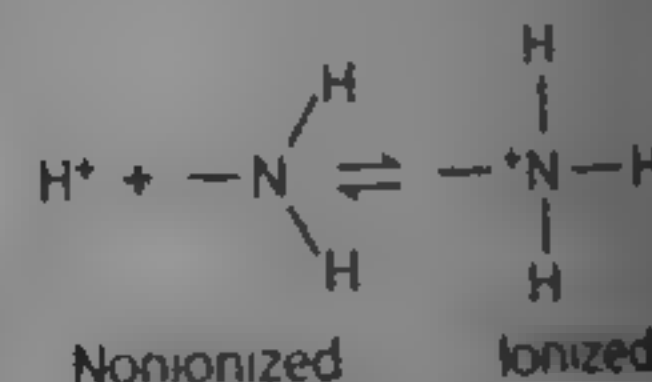
گروه آمینو ( $-\text{NH}_2$ ) شامل یک اتم نیتروژن است که به دو اتم هیدروژن و به اسکلت کربنی متصل است.

#### آمین‌ها



گلیسین، ترکیبی که هم آمین و هم کربوکسیلیک اسید است، زیرا دارای هر دو گروه آمین و کربوکسیلیک اسیدی است. ترکیبات دارای این دو گروه آمینواسیدها نامیده می‌شوند

- به عنوان بار عمل می‌کند؛ می‌تواند  $\text{H}^+$  را از محلول اطراف خود (آب، در موجودات زنده) بگیرد



- در سلول‌ها به شکل یوسره با بار ۱+ یافت می‌شود



### پرسش‌های مبحث ۳-۴

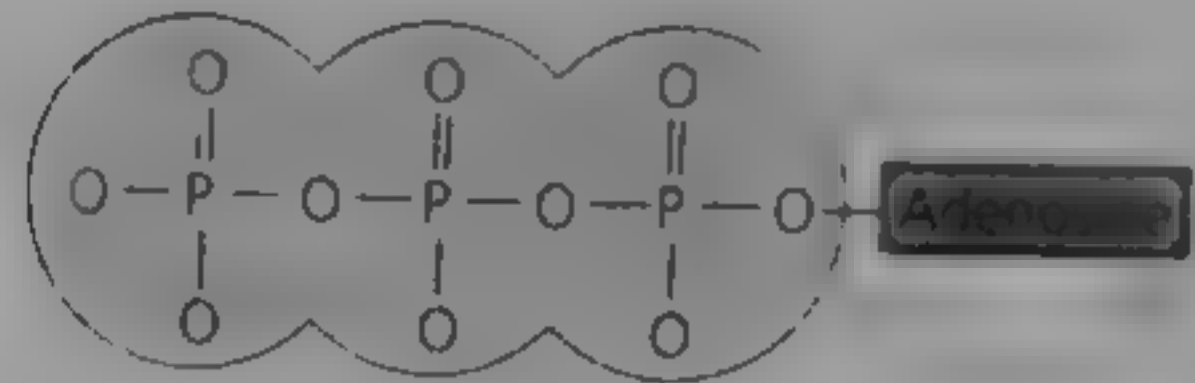
۱. واژه «آمینواسید» چه مطلبی را دربارهٔ ساختار مولکولی بیان می‌کند؟  
۲. معمولاً هنگامی که ATP انرژی آزاد می‌کند دچار چه تغییری می‌شود؟

۳. **چه می‌شود اگر؟** فرض کنید که مولکولی آلی مانند سیستین دارید (شکل ۴-۹ مثال گروه سولفیدریل را ملاحظه کنید)، و به روش شیمیایی گروه  $\text{NH}_2$  را برداشته و  $\text{COOH}$  را به جای آن قرار می‌دهید. فرمول ساختاری این مولکول را رسم کنید و ویژگی‌های شیمیایی آن را حدس بزنید. آیا قبل از این تغییر کربن مرکزی نامتقارن است؟ بعد از تغییر چگونه؟

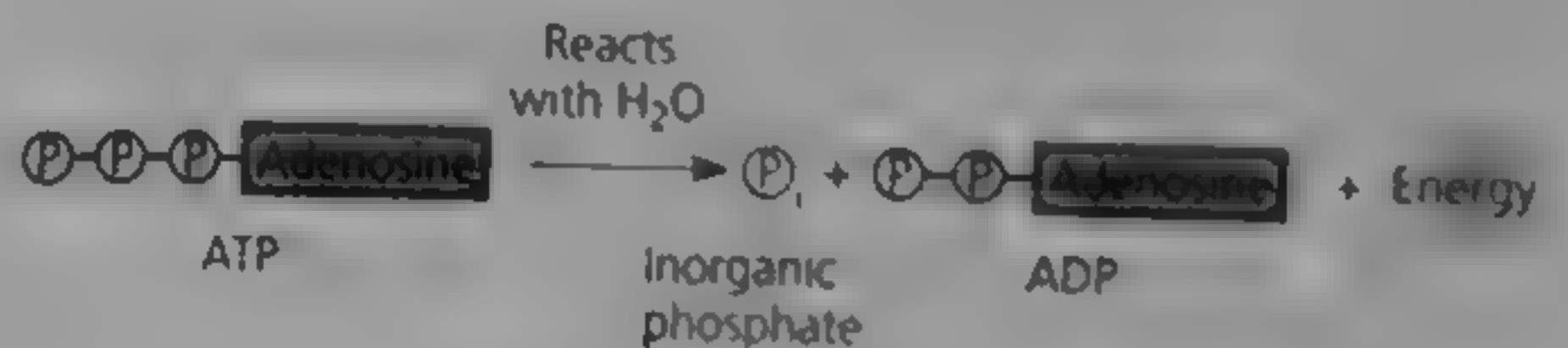
برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

### ATP: منبع مهم انرژی برای فرایندهای سلولی

ستون فسفات در شکل ۴-۹ یک مثال ساده برای فسفات‌های آلی را نشان می‌دهد. آدنوزین تری‌فسفات<sup>۱</sup> یا ATP مثالی از گروه فسفات است که پیچیده‌تر می‌باشد و چون اصلی‌ترین مولکول حمل‌کننده انرژی در سلول است ارزش بررسی دارد. ATP از یک مولکول آلی به نام آدنوزین<sup>۲</sup> که به یک رشته سه‌تایی از فسفات پیوند شده، تشکیل شده است.



هنگامی که هر ۳ فسفات در یک ردیف حاضر هستند ممکن است یکی از این گروه‌های فسفات جدا شده و تبدیل به فسفات معدنی شود. این یون  $\text{HOPO}_4^{2-}$  در این کتاب به صورت خلاصه به شکل  $\text{P}_i$  نمایش داده می‌شود. هنگامی که ATP یک فسفات خود را از دست می‌دهد تبدیل به آدنوزین دی‌فسفات<sup>۳</sup> یا ADP می‌شود. این واکنش موجب تولید انرژی در سلول می‌شود که به طور دقیق در فصل ۸ به بررسی آن می‌پردازیم.



### عناصر شیمیایی حیات: مرور

همان‌گونه که آموختید مادهٔ زنده، بیشتر از کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن و نیز از مقادیر کمتری گوگرد و فسفر تشکیل شده است. این مولکول‌ها از لحاظ توانایی در تشکیل پیوندهای کووالانسی محکم با هم مشترک هستند و این کیفیت برای ساخت مولکول‌های آلی پیچیده ضروری است. در بین همه این عناصر، کربن هنرمندترین عنصر در تولید پیوندهای کووالانسی است. تطبیق‌پذیری عنصر کربن موجب ایجاد گوناگونی در مولکول‌های آلی شده است. این مولکول‌ها هر کدام دارای خاصیت ویژهٔ خود هستند که ناشی از نحوهٔ آرایش اسکلت کربنی و نیز گروه‌های عاملی پیوسته به آن است. بنابراین گوناگونی زیستی، حاصل گوناگونی مولکولی است.

1 - Adenosine triphosphate

2 - Adenine

3 - Adenosine diphosphate



# 4 مرور فصل

## خلاصه مفاهیم کلیدی

### ۱- شیمی آلی در اصل مطالعه ترکیبات کربن دار است

○ ماده زنده بیشتر از کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن با مقداری سولفور و فسفر ساخته شده است. اساس مولکولی تنوع زیستی، توانایی کربن در ایجاد مولکول‌های بسیاری است که اشکال و ویژگی‌های شیمیایی خاصی دارند.

○ در گذشته تصور می‌شد ترکیبات آلی تنها در درون بدن موجودات زنده ساخته می‌شوند اما هنگامی که شیمیدانان توانستند ترکیبات آلی را در آزمایشگاه بسازند این ایده (حیات گرایی) رد شد.

؟ آزمایش‌های استتلی میلر چگونه فرضیهٔ مکانیسمی را به منشأ میات بسط داد؟

### ۲- اتم‌های کربن می‌توانند توسط پیوند با چهار اتم دیگر

مولکول‌های گوناگونی را بسازند

○ کربن می‌تواند با اتم‌های گوناگونی مانند O، H و N پیوند برقرار کند. اتم‌های کربن همچنین می‌توانند با اتم‌های کربن دیگر پیوند ایجاد کرده و اسکلت کربنی را ایجاد کنند. اسکلت‌های کربنی از لحاظ شکل و اندازه با یکدیگر متفاوتند و نیز دارای جایگاه‌هایی هستند که دیگر اتم‌ها بتوانند به آنها متصل شوند. هیدروکربن‌ها تنها از هیدروژن و کربن ساخته شده‌اند.

○ ایزومرها مولکول‌هایی با فرمول مولکولی یکسان و فرمول ساختاری متفاوت هستند و هریک دارای ویژگی‌های مختص به خود می‌باشند. سه نوع ایزومر عبارتند از: ایزومرهای ساختمانی، ایزومرهای سیس-ترانس و انانتیومرها.

؟ به شکل ۴-۹ برگردید. استئون و پروپانال چه نوع ایزومرهایی هستند؟ چه تعداد کربن نامتقارن در اسید استیک، گلیسرین، و گلیسرول فسفات حضور دارند؟ آیا این سه مولکول می‌توانند به شکل انانتیومر هم‌داشته باشند؟

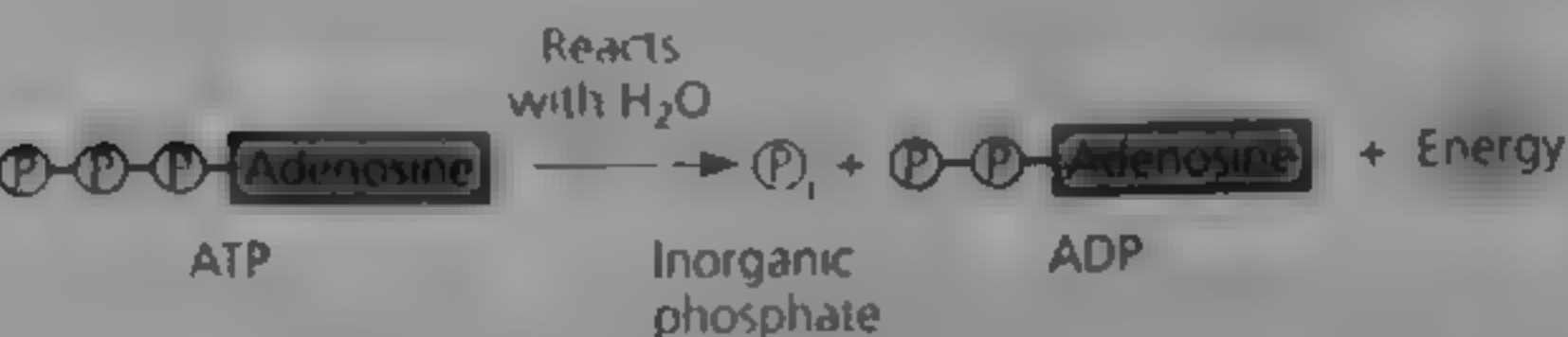
### ۳- گروه‌های شیمیایی معدودی در عملکرد مولکول‌های

زیستی نقش کلیدی دارند

○ گروه‌های شیمیایی متصل به اسکلت کربنی مولکول‌های آلی در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کنند (گروه‌های عامل) و یا با تأثیر بر روی شکل مولکولی فعالیت می‌کنند (شکل ۴-۹ را ببینید).

○ ATP (آدنوزین تری فسفات) از آدنوزین متصل به سه گروه فسفات تشکیل شده است. ATP می‌تواند با آب واکنش داده و فسفات

غیر آلی و ADP (آدنوزین دی فسفات) را به وجود آورد. این واکنش انرژی آزاد می‌کند که سلول می‌تواند از آن استفاده کند (معادله زیر را ببینید)

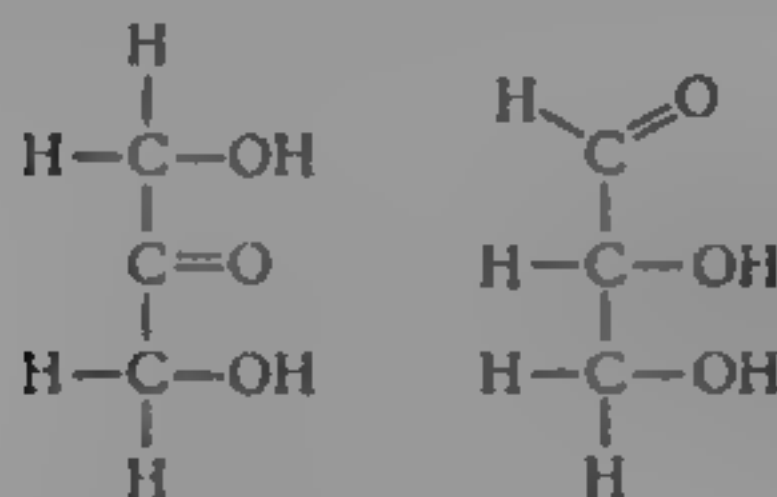


؟ گروه متیل از نظر شیمیایی با شش گروه شیمیایی مهم دیگر. که در شکل ۴-۹ نشان داده شده‌اند، چه تفاوت‌هایی دارند؟

خود را بنویسید

با مراجعه به سایت [www.masteringbiology.com](http://www.masteringbiology.com) به سوالات چند گزینه‌ای ۸ تا ۱ پاسخ دهید.

۸- کدام یک از مولکول‌های زیر یک کربن نامتقارن دارد؟ کدام کربن نامتقارن است؟



### ۹- ارتباط تکاملی

(رسم کنید)

برخی دانشمندان بر این باورند که در جای دیگری از جهان، زندگی بر پایهٔ عنصر سیلیسیوم، به جای عنصر کربن در زمین، بر پاست. چه ویژگی‌های مشترکی بین کربن و سیلیسیوم وجود دارد که زندگی می‌تواند بر پایهٔ آنها بنا شود ولی مثلاً برای نشون یا آلومینیوم این‌گونه نیست؟ (شکل ۲-۹ را ببینید).

### ۱۰- تحقیق علمی

حدود ۵۰ سال پیش داروی تالیدومید به علت ایجاد موجهی از ناهنجاری‌های مادرزادی در بچه‌هایی که مادران آنها هنگام بارداری برای درمان حالت تهوع صبحگاهی<sup>۱</sup> از این دارو استفاده کرده بودند دچار بدننامی شد. به هر حال در سال ۱۹۹۸ سازمان غذا و داروی آمریکا<sup>۲</sup>

1 - Morning sickness

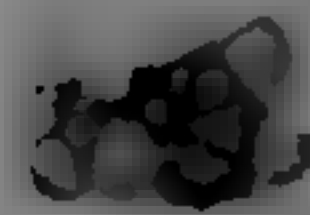
2 - U.S. Food & Drug Administration



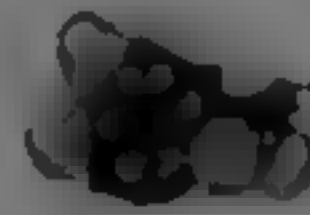
(FDA) این دارو را برای درمان حلقه‌های خاصی از بیماری هنتس (Hansen's disease) تأیید کرد. در آزمایش‌های کنسلتی شرکت شد که تأیید می‌شد برای درمان بیماری که از بیماری هنتس رخ می‌دهد و همچنین برای درمان سل و برخی از سرطان‌ها نیز مؤثر است. آیا فکر می‌کنید تأیید این دارو درست است؟ اگر پاسخ شما مثبت است، در چه شرایطی FDA به شرایطی رأی باید برای توجیه موافقت این دارو بر مبنای آن در نظر بگیرد؟

#### ۱۱- بیماری هنتس و تأثیر دارو بر آن

در سال ۱۸۹۸، ویلیام هنتس، یک پزشک آمریکایی، به این نتیجه رسید که موجب ایجاد بیماری هنتس در برخی از بیماران مبتلا به بیماری که منجر به بیماری پارکینسون می‌شود، همان بیماری هنتس است. L-dopa که برای درمان بیماری پارکینسون استفاده می‌شود، به این بیماران کمک می‌کند و به آنها کمک می‌کند تا بتوانند به راحتی حرکت کنند. L-dopa به صورت یک ماده شیمیایی در بدن ساخته می‌شود و به این ترتیب می‌تواند به درمان بیماری پارکینسون کمک کند. L-dopa به صورت یک ماده شیمیایی در بدن ساخته می‌شود و به این ترتیب می‌تواند به درمان بیماری پارکینسون کمک کند.



L-dopa



D-dopa

پارکینسون به این معنی است که

بیماری پارکینسون به این معنی است که

۱۵۰ کیلوگرم وزن است که چگونه

مؤثر بودن یک دارو را می‌تواند

موضوع بحث و گفتگو باشد.



## ساختار و عملکرد درشت مولکول‌ها



▲ شکل ۱-۵ چرا دانشمندان ساختار درشت مولکول‌ها را مطالعه می‌کنند؟

### مفاهیم کلیدی

- ۱-۵ درشت مولکول‌ها پلی‌مرهایی هستند که از واحدهای مونومری ساخته شده‌اند
- ۲-۵ کربوهیدرات‌ها به عنوان مواد ساختمانی و سوختی به کار می‌روند
- ۳-۵ لیپیدها گروه گوناگونی از مولکول‌های آب‌گریز هستند
- ۴-۵ پروتئین‌ها دارای ساختارهای متعددی هستند که منجر به عملکردهای متنوع آنها می‌شود
- ۵-۵ اسیدهای نوکلئیک، اطلاعات وراثتی را ذخیره کرده و انتقال می‌دهند

### نگاه کلی

#### مولکول‌های حیات

با توجه به پیچیدگی‌های حیات بر روی زمین، انتظار می‌رود تا جانداران تنوع مولکولی بسیار زیادی داشته باشند، اما با این وجود تمامی مولکول‌های مهم بدن جانداران، از فیل گرفته تا باکتری‌ها، در چهار دسته قرار می‌گیرند: کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک. در مقیاس مولکولی، مولکول‌های موجود در سه دسته از این ترکیبات - کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک - بسیار بزرگ‌اند و درشت مولکول خوانده می‌شوند. برای مثال، یک پروتئین ممکن است از هزاران اتم تشکیل شده باشد و حتی وزن مولکولی بیشتر از ۱۰۰,۰۰۰ دالتون داشته باشد. با توجه به اندازه و پیچیدگی درشت مولکول‌ها، بیوشیمیست‌ها به بررسی جزئیات ساختاری آنها می‌پردازند (شکل ۱-۵). شکل ساختاری یک مولکول زیستی بزرگ به توجیه عملکرد آن بسیار کمک می‌کند. همانند ترکیبات ساده‌ای مثل آب، مولکول‌های بزرگ زیستی نیز

دارای ویژگی‌های خاص خود هستند که معلول طرز قرارگیری اتم‌های آنهاست. در این فصل ابتدا به چگونگی ساخت درشت مولکول‌ها می‌پردازیم و سپس به بررسی ساختار و عملکرد چهار گروه بزرگ از درشت مولکول‌ها، یعنی کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک خواهیم پرداخت.

#### ۱-۵ درشت مولکول‌ها پلی‌مرهایی هستند که از واحدهای مونومری ساخته شده‌اند

مولکول‌های بزرگ سه رده از ترکیبات الی حیات (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، و اسیدهای نوکلئیک)، مولکول‌های زنجیرمانندی هستند که به آنها پلی‌مر گفته می‌شود (از واژه یونانی *Polys*، به معنای بسیاری، و *meris* به معنای بخش گرفته شده است). یک پلی‌مر<sup>۱</sup>، مولکولی بلند با واحدهای مشابه یا یکسان است که با پیوندهای کووالانسی به هم چسبیده‌اند؛ درست همانند قطاری که از زنجیره‌ای از واگن‌ها تشکیل شده است. واحدهای تکرار شونده، به عنوان بلوک‌های سازنده یک پلی‌مر، مولکول‌های کوچکی هستند که به آنها مونومر<sup>۲</sup> گفته می‌شود. برخی از مولکول‌هایی که به عنوان مونومر به کار می‌روند، خودشان نیز دارای فعالیت هستند.

#### ساختن و شکستن پلی‌مرها

درشت مولکول‌های پلی‌مری از لحاظ ماهیت مونومرهای شان متفاوت هستند، اما مکانیسم‌های شیمیایی که سلول‌ها به کمک



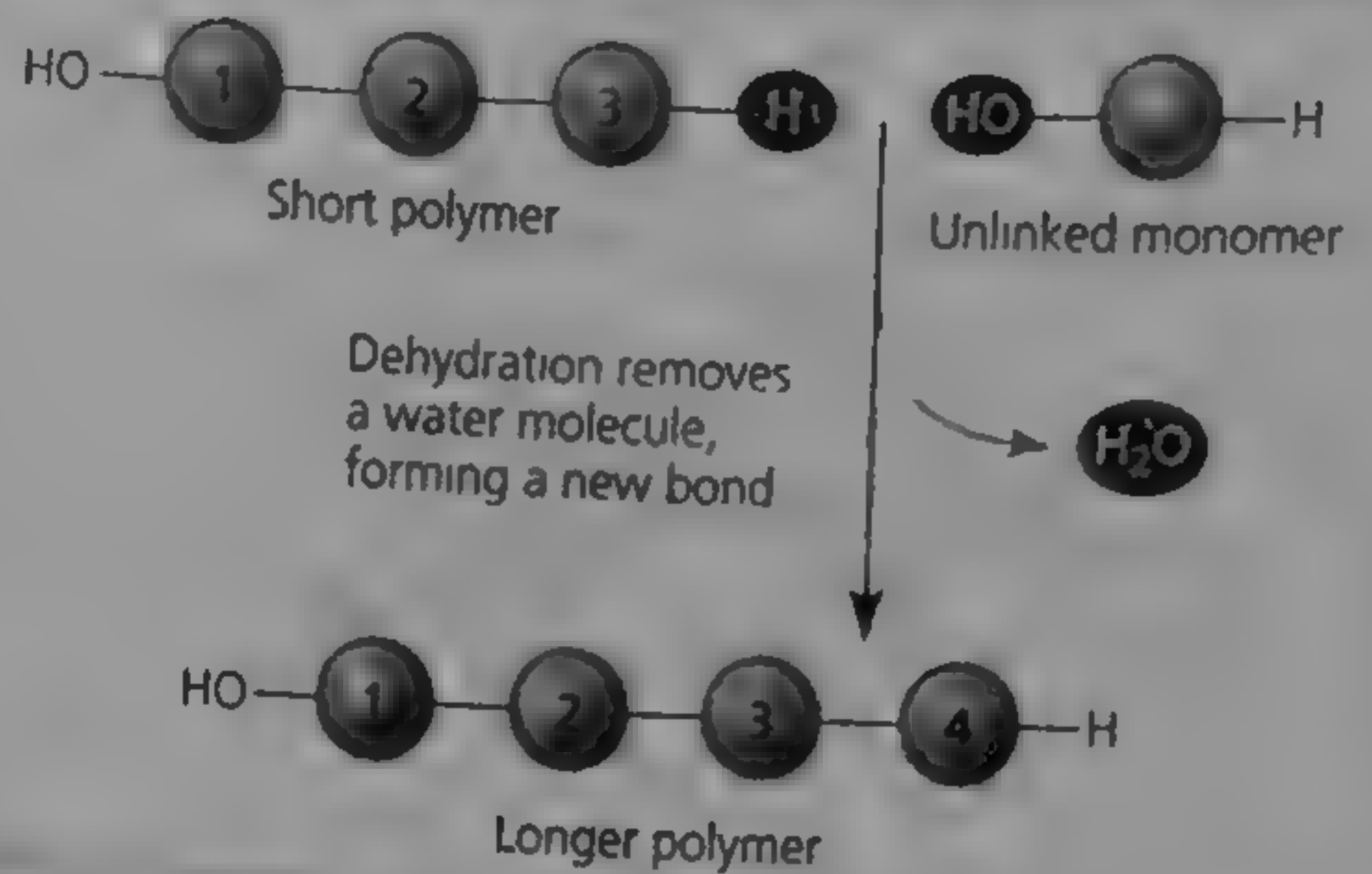
هیدروژن از مولکول آب به یک مونومر و گروه هیدروکسیل به مونومر مجاور متصل می‌گردد. نمونه‌ای از عملکرد هیدرولیز در بدن ما، فرایند گوارش است. مواد آلی غذاهای ما به شکل پلی‌مر بوده و آن‌قدر بزرگی هستند که نمی‌توانند وارد سلول‌های ما شوند. درون لوله گوارشی، آنزیم‌های گوناگون به پلی‌مرها حمله‌ور شده و سرعت هیدرولیز را افزایش می‌دهند. مونومرهای آزاد شده وارد گردش خون می‌شوند تا در سلول‌های بدن توزیع شوند. این سلول‌ها از واکنش‌های آب‌دهی برای ترکیب کردن<sup>۲</sup> مونومرها و ساختن پلی‌مرهای جدید استفاده می‌کنند. این پلی‌مرها متفاوت از آنهایی هستند که در لوله گوارشی تجزیه می‌شوند. پلی‌مرهای جدید، کارهای مورد نیاز سلول را انجام می‌دهند.

### گوناگونی پلی‌مرها

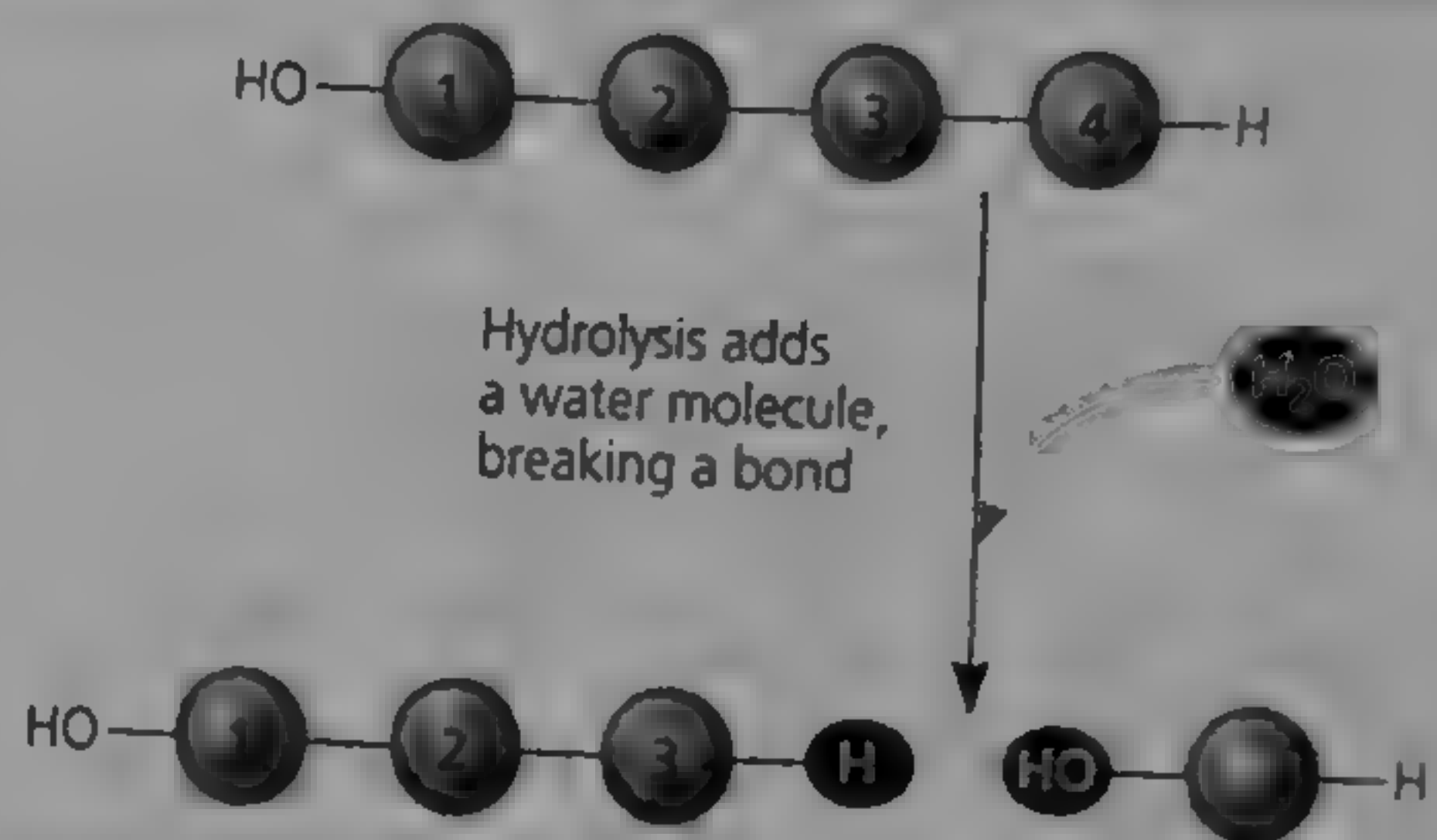
هر سلول دارای هزاران نوع درشت‌مولکول است که از سلولی به سلول دیگر و حتی در سلول‌های یک جاندار نیز فرق می‌کنند. تفاوت‌های وراثتی بین خواهر و برادرها به دلیل اختلاف و گوناگونی درشت‌مولکول‌های آنها، به‌ویژه در سطح DNA و پروتئین‌ها می‌باشد. تفاوت‌های مولکولی بین افراد غیرخویشاوند، بسیار گسترده بوده و این تفاوت‌ها در بین گونه‌ها نیز بیشتر و بزرگ‌تر است. گوناگونی درشت‌مولکول‌ها در جهان زنده بسیار زیاد و فراتر از حد تصور است.

پایه چنین گوناگونی‌هایی در پلی‌مرهای زیستی چیست؟ این مولکول‌ها از ۴۰ تا ۵۰ مونومر مشترک ساخته شده‌اند و مونومرهای دیگر در بین آنها کمتر دیده می‌شود. ایجاد تنوع بسیار در سطح پلی‌مرها به کمک انواع محدودی از مونومرها، مانند ساختن صداها هزار کلمه از ۳۲ حرف الفبا می‌باشد. کلید این مسأله، گوناگونی آرایشی در توالی خطی واحدهای مونومری می‌باشد. اما این شبیه‌سازی برای توضیح گوناگونی بسیار بالای درشت‌مولکول‌ها کافی به نظر نمی‌رسد. چون پلی‌مرهای زیستی، بلندتر از درازترین کلمه ساخته شده با حروف الفبا است. برای نمونه، پروتئین‌ها از ۲۰ نوع آمینواسید ساخته شده‌اند که زنجیروار در کنار هم آرایش یافته‌اند، به گونه‌ای که صدها آمینواسید برای ساختن یک پروتئین در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. منطق مولکولی حیات ساده ولی ظریف است؛ مولکول‌های کوچک در همه جانداران مشترک هستند ولی به صورت درشت‌مولکول‌های منحصربه‌فرد آرایش یافته‌اند. حال آماده‌ایم تا ساختارها و اعمال ویژه چهار گروه اصلی از ترکیبات آلی سلول‌ها را بررسی نماییم. در هر کدام از این دسته‌های مولکولی، خواهیم دید که مولکول‌های بزرگ دارای ویژگی‌های جدید و نوپایی هستند که در واحدهای ساختاری آنها یافت نمی‌شود.

### (a) Dehydration reaction: synthesizing a polymer



### (b) Hydrolysis: breaking down a polymer



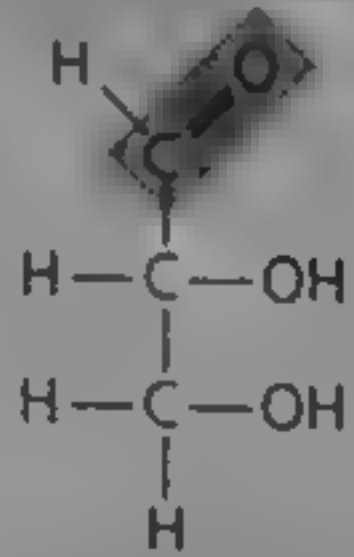
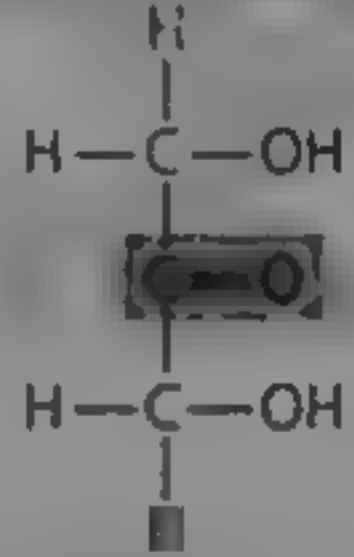
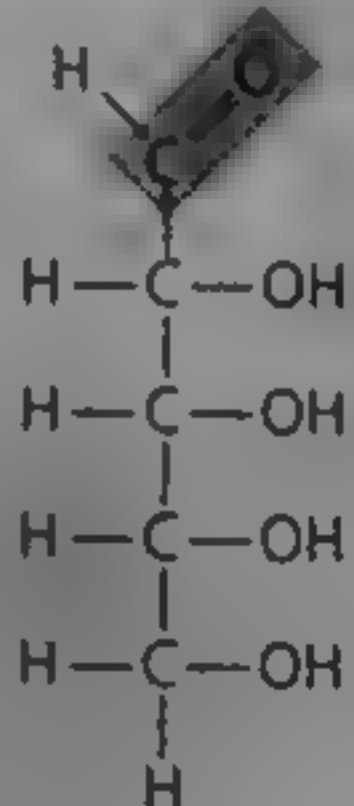
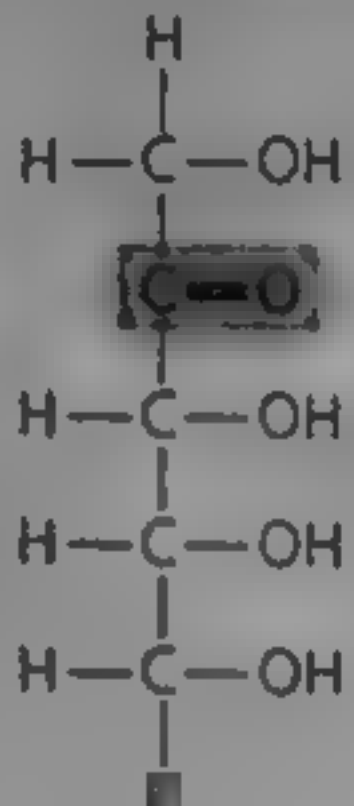
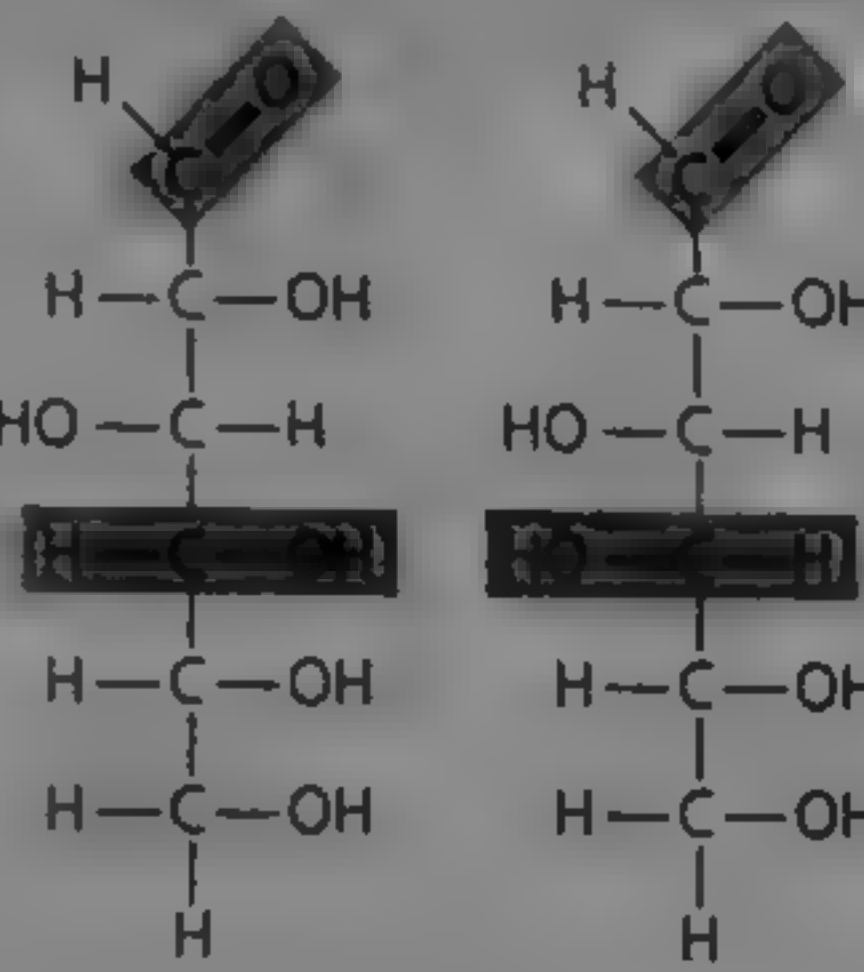
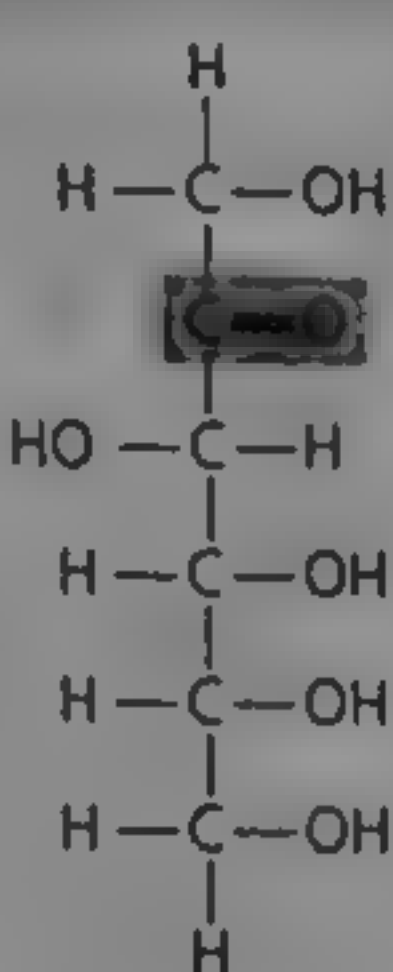
### ▲ شکل ۲-۵ ساختن و شکستن پلی‌مرها.

آنها، این پلی‌مرها را ساخته و یا می‌شکنند در همه رده‌های درشت‌مولکول‌ها یکسان می‌باشند. مونومرها با واکنشی که در آن دو مولکول با پیوند کووالانسی به هم پیوند می‌شوند، متصل شده و یک مولکول آب نیز آزاد می‌گردد. این نوع واکنش را واکنش تراکمی<sup>۱</sup> گویند که نوعی واکنش آب‌دهی<sup>۱</sup> به‌شمار می‌رود، چون یک مولکول آب آزاد می‌شود (شکل ۲-۵). هنگامی که یک پیوند بین دو مونومر ایجاد می‌گردد، هر کدام از مولکول‌ها بخشی از مولکول آب آزاد شده را تشکیل می‌دهند: یکی از مولکول‌ها، گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) و مولکول دیگر، اتم هیدروژن ( $-H$ ) را فراهم می‌کند. در شکل‌گیری یک پلی‌مر، این واکنش تکرار شده و هر بار یک مونومر، به پلی‌مر در حال ساخت افزوده می‌شود.

پلی‌مرها به کمک فرایند هیدرولیز به واحدهای مونومری اولیه تبدیل می‌شوند. فرایندی که عکس واکنش آب‌دهی است (شکل ۲-۵b). هیدرولیز به معنی شکستن به کمک آب (از کلمه یونانی hydro یعنی آب و lysis یعنی شکستن) می‌باشد. پیوندهای بین مونومرها با افزودن مولکول‌های آب شکسته می‌شود، به گونه‌ای که یک

1 - Condensation reaction  
2 - Dehydration reaction



Aldoses (Aldehyde Sugars) Carbonyl group at end of carbon skeleton		Ketoses (Ketone Sugars) Carbonyl group within carbon skeleton	
Trioses: 3-carbon sugars ( $C_3H_6O_3$ )			
			
<b>Glyceraldehyde</b> An initial breakdown product of glucose		<b>Dihydroxyacetone</b> An initial breakdown product of glucose	
Pentoses: 5-carbon sugars ( $C_5H_{10}O_5$ )			
			
<b>Ribose</b> A component of RNA		<b>Ribulose</b> An intermediate in photosynthesis	
Hexoses: 6-carbon sugars ( $C_6H_{12}O_6$ )			
			
<b>Glucose</b> Energy sources for organisms		<b>Galactose</b> Energy sources for organisms	
		<b>Fructose</b> An energy source for organisms	

### ▲ شکل ۵-۳ ساختار و رده‌بندی برخی مونوساکاریدها.

قندها در جایگاه گروه‌های کربونیل (نارنجی) خود، طول اسکلت کربنی و آرایش خاص اطراف کربن‌های نامتقارن‌شان با هم تفاوت دارند (برای مثال، بخش‌های ارغوانی گلوکز و گالاکتوز را مقایسه کنید).

**(تجربا دهید)** در دهه ۱۹۷۰، پروژه‌ای طراحی و انجام شد که گلوکز موجود در شیرین‌تر را به فروکتوز، ایزومر شیرین‌تر آن تبدیل می‌کرد. شربت ذرت پرفروکتوز، ترکیبی رایج در نوشیدنی‌های شیرین و غذاهای فرآوری‌شده، از گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است. گلوکز و فروکتوز چه نوع ایزومرهایی هستند؟

### پرسش‌های مبحث ۵-۱

- چهار گروه اصلی از مولکول‌های بزرگ‌زیستی کدامند؟
- جد مولکول آب برای هیدرولیز کامل یک پلی‌مر ساخته شده از ۱۰ واحد مونومری نیاز است؟

**چه می‌شد اگر؟** فرض کنید که تعدادی لوبیای سبز می‌خورید. چه تغییراتی باید در مونومرهای پروتئین‌های آن به‌وجود آید تا تبدیل به پروتئین‌های بدن شما شوند؟  
برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

### ۵-۲ کربوهیدرات‌ها به‌عنوان مواد ساختمانی و سوختی به‌کار می‌روند

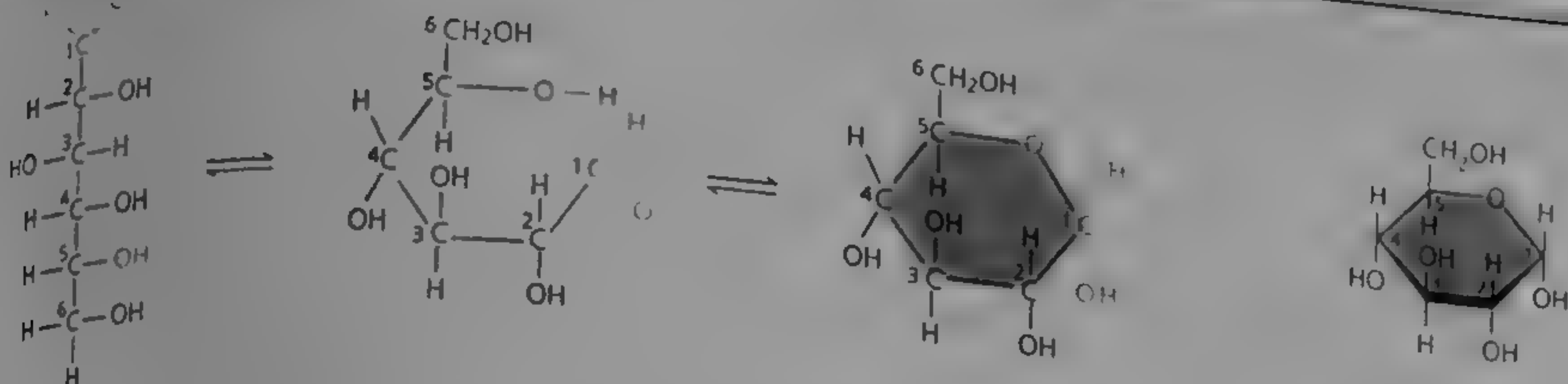
کربوهیدرات‌ها شامل قندها و پلی‌مرهای قندی هستند. ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها، مونوساکاریدها و یا به بیانی دیگر قندهای ساده می‌باشند. دی‌ساکاریدها یا دو قندی‌ها از دو واحد مونوساکاریدی ساخته شده‌اند که با واکنشی تراکمی به‌هم می‌پیوندند. کربوهیدرات‌های درشت‌مولکول را پلی‌ساکارید می‌نامند که از تعداد زیادی واحدهای قندی ساخته شده‌اند.

#### قندها

مونوساکاریدها (از کلمه یونانی *monos* به معنی تک و *sacchar* به معنی قند گرفته شده است) عموماً دارای فرمول‌های مولکولی هستند که مضربی از واحدهای  $CH_2O$  می‌باشند (شکل ۵-۳). گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ ) به‌عنوان معمول‌ترین مونوساکارید در شیمی حیات، از اهمیت زیادی برخوردار است. در ساختمان گلوکز، ویژگی‌های یک قند دیده می‌شود: این مولکول دارای گروه کربونیل ( $>C=O$ ) و چندین گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) است. براساس محل گروه کربونیل قند، آلدوز (قند آلدیدی) و یا کتوز (قند کتونی) می‌باشد. برای مثال، گلوکز یک آلدوز، و فروکتوز که ایزومر ساختمانی آن است، یک کتوز به‌شمار می‌رود (بیشتر نام‌های قندها پسوند «اوز» دارند). ویژگی مهم دیگر در گروه‌بندی قندها، اندازه اسکلت کربنی است که از ۳ تا ۷ کربن و حتی بیشتر هم متغیر است. گلوکز، فروکتوز و دیگر قندهای ۶ کربنی را هگزوز می‌نامند. تریوزها (قندهای سه کربنی) و پنتوزها (قندهای پنج کربنی) نیز از قندهای رایج هستند.

عامل دیگر گوناگونی قندهای ساده، آرایش فضایی اجزای قند حول کربن‌های نامتقارن است (از فصل ۴ به یاد دارید که کربن نامتقارن، به کربنی گفته می‌شود که با چهار گروه متفاوت پیوند یافته باشد). برای مثال، گلوکز و گالاکتوز تنها در استخلاف اطراف یک کربن نامتقارن با هم اختلاف دارند (کادرهای ارغوانی شکل ۵-۳ را ببینید).



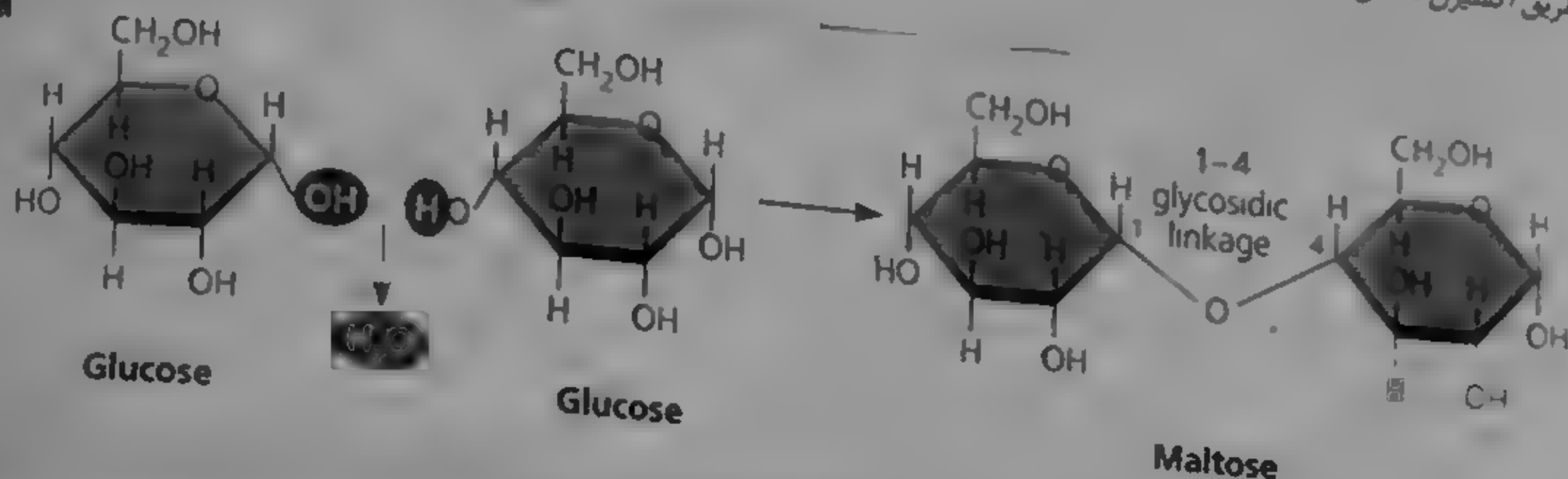


(a) شکل های خطی و حلقوی. تعادل شیمیایی بین ساختمان های خطی و حلقوی تمایل زیادی به سمت حلقوی شدن دارد همان طوری که نشان داده شده است. کربن های قند از شماره ۱ تا ۶ شماره گذاری می شوند. برای دستیابی به شکل حلقوی گلوکز، کربن شماره ۱ و اکسیژن متصل به کربن شماره ۵ به هم وصل می شوند.

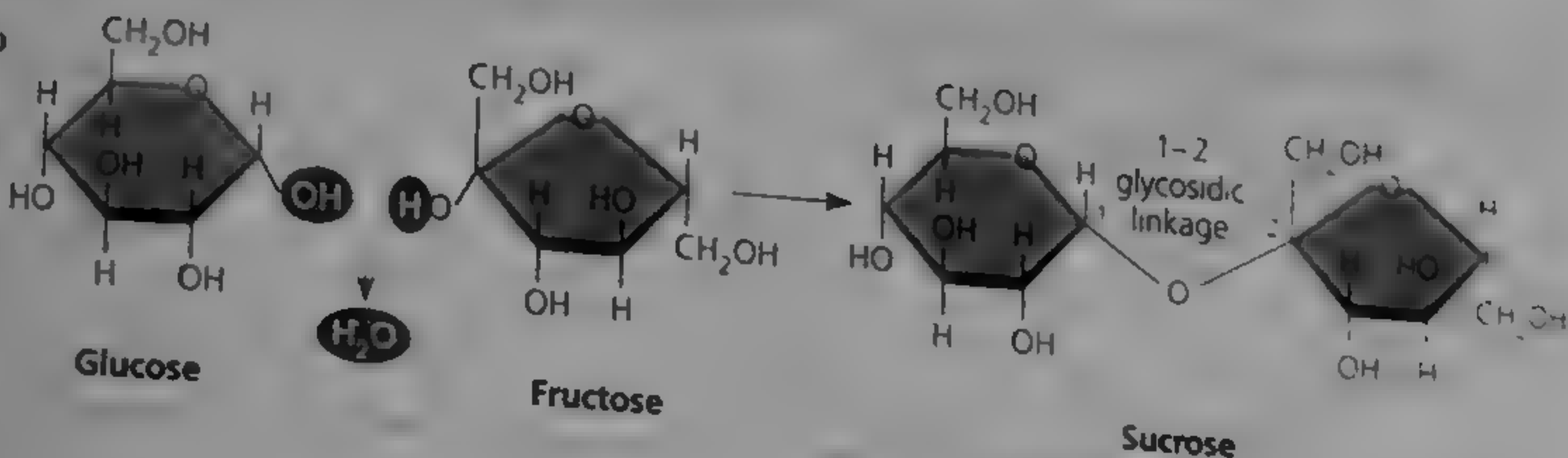
(b) ساختار حلقوی کوتاه شده: هر گوشه یک کربن را نشان می دهد. لبه های نارنگی حلقه همان گزله حلقوی حلقه است. اجزاء متصل به حلقه، بالا و پاس صفحه حلقه قرار می گیرند.

▲ شکل ۴-۵ اشکال خطی و حلقوی گلوکز. (رسم کنید) با شکل خطی فروکتوز اعمار کنید (شکل ۵-۳ را ببینید) و تشکیل حلقه فروکتور را در دو مرحله رسم کنید. ابتدا، کربن ها را از بالای شکل خطی شماره گذاری کرده سپس کربن را از طریق اکسیژن متصل به آن به کربن ۲ وصل کنید. شماره کربن ها را در حلقه های گلوکز و فروکتور با هم مقایسه کنید.

(a) واکنش دهیدراسیون در تولید مالتوز. اتصال دو واحد گلوکز، مالتوز را به وجود می آورد. کربن شماره ۱ یکی از گلوکزها به کربن شماره ۴ در گلوکز دوم با یک پیوند گلیکوزیدی به هم وصل می شود. اتصال گلوکزها از طریق حلقه دی ساکاریدیهای متفاوتی را بوجود می آورد.



(b) واکنش دهیدراسیون در تولید ساکارز. ساکارز دی ساکاریدی است که از گلوکز و فروکتوز به دست می آید. اگرچه فروکتوز یک هگزوز (قند ۶ کربنه) منتهی گلوکز است، اما به شکل یک حلقه پانزدهی وجود دارد.



▲ شکل ۵-۵ نمونه هایی از سنتز دی ساکارید. (رسم کنید) با ارجاع به شکل ۴-۵ کربن های هر کدام از قندها را در این شکل شماره گذاری کنید. نشان دهید که چگونه این شماره گذاری با نام پیوند گلیکوزیدی در هر دی ساکارید مطابقت دارد.

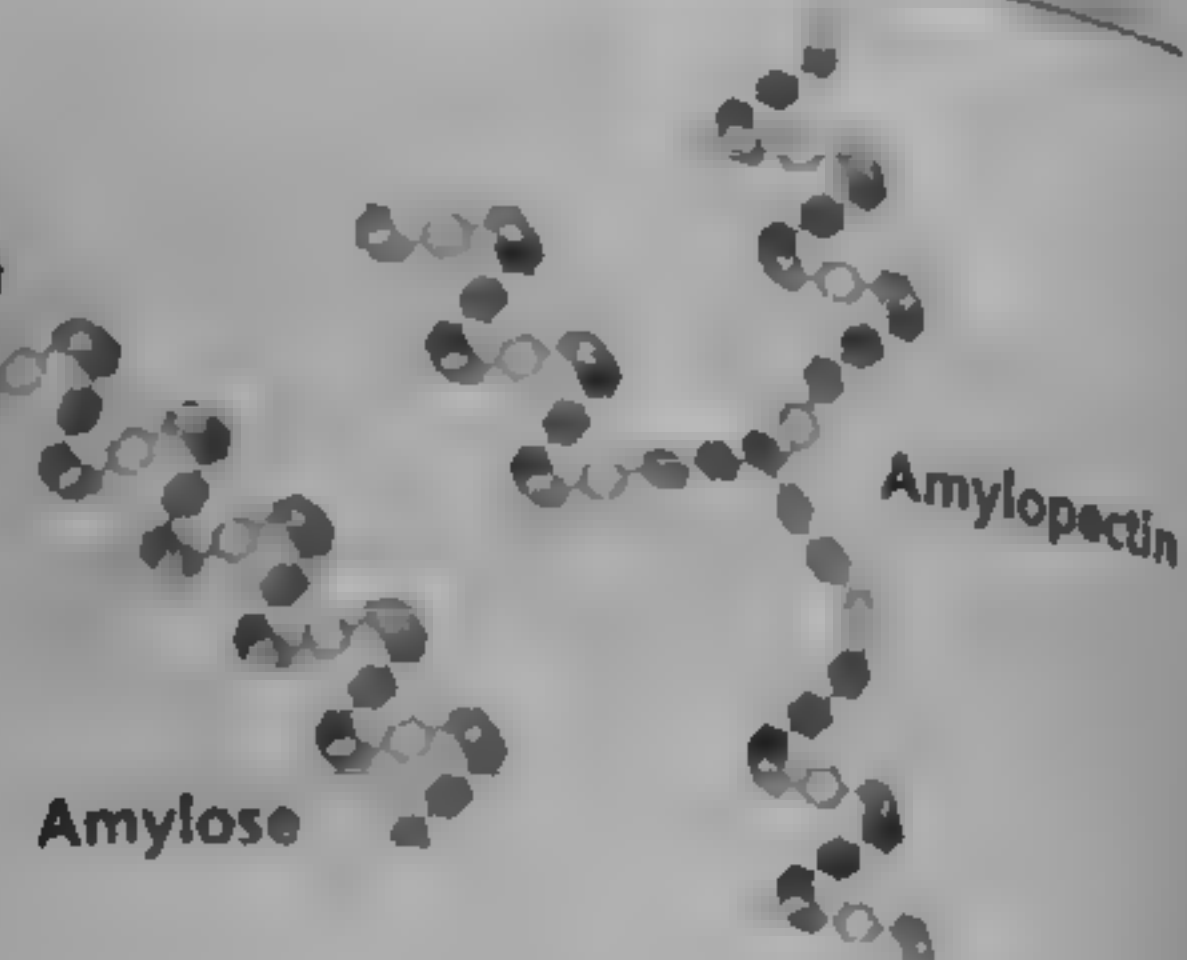
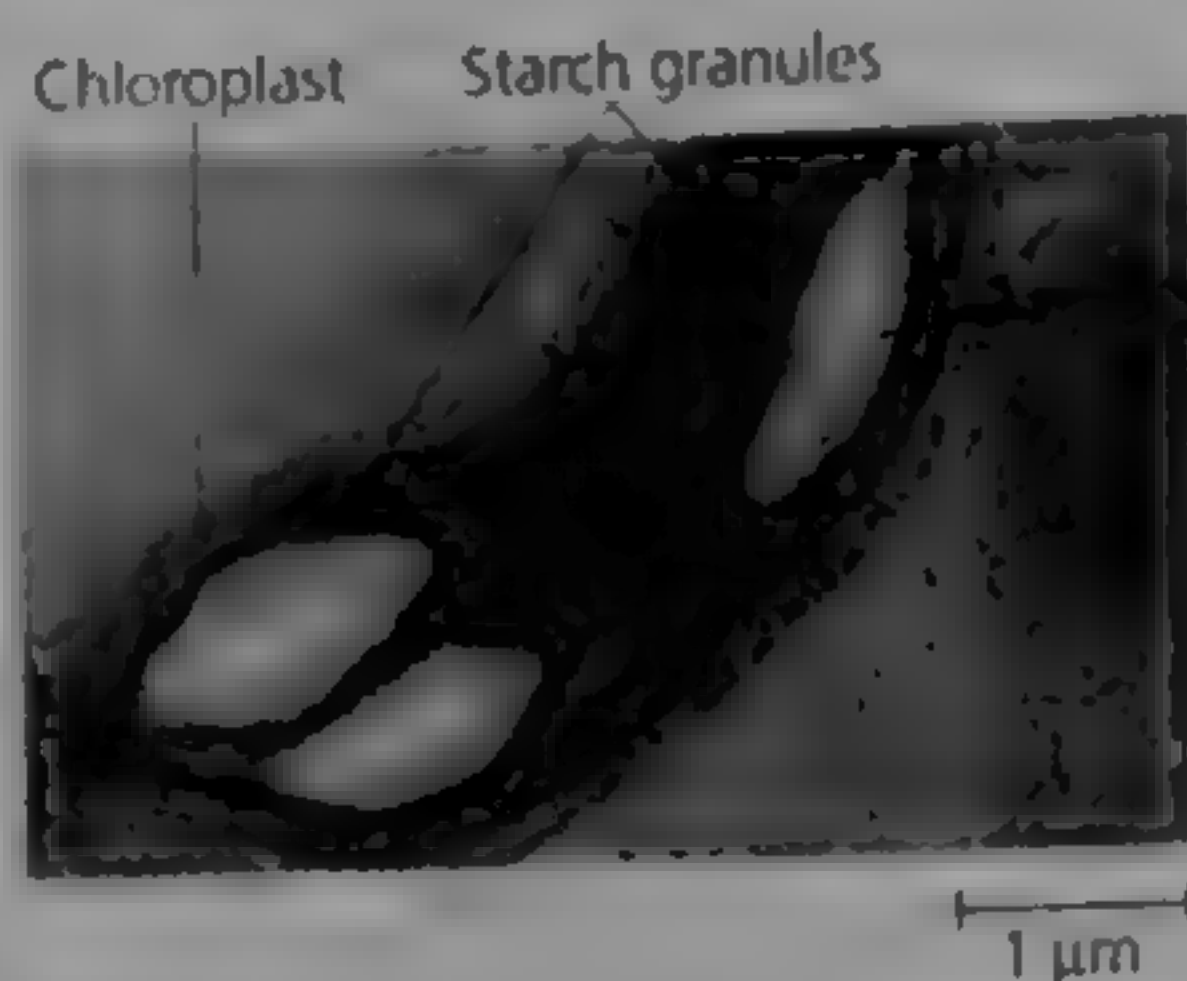
به عنوان ماده خام، برای ساخت دیگر انواع مولکول های آلی کوچک همچون آمینواسیدها و اسیدهای چرب، به کار می رود. مولکول های قندی که استفاده نشوند، عموماً به عنوان مونومر در سنتز دی ساکاریدها و پلی ساکاریدها استفاده می شوند. یک دوقندی یا دی ساکارید<sup>۱</sup> شامل دو مونوساکارید است که با پیوند گلیکوزیدی<sup>۲</sup> (پیوند کووالانسی بین دو مونوساکارید) و به کمک واکنش آب دهی، به هم پیوند شده اند. برای مثال، مالتوز، دوقندی

چگونه یک اختلاف کوچک در دو قند تا این اندازه مهم است که شکل ها و رفتارهای گوناگون نشان می دهند. اگرچه رایج است که گلوکز را با اسکلت کربنی خطی رسم نماییم اما این نوع رسم برای قندها خیلی درست نیست. در محلول های آبی، مولکول های گلوکز، درست همانند سایر قندها، به شکل حلقوی هستند (شکل ۴-۵). مونوساکاریدها و به ویژه گلوکز، غذای اصلی سلول ها به شمار می روند. در فرایند تنفس سلولی، سلول ها انرژی مورد نیاز خود را از مولکول های گلوکز به دست می آورند. مولکول های قندی نه تنها به عنوان سوخت عمده سلولی به کار می روند بلکه، اسکلت کربنی آنها

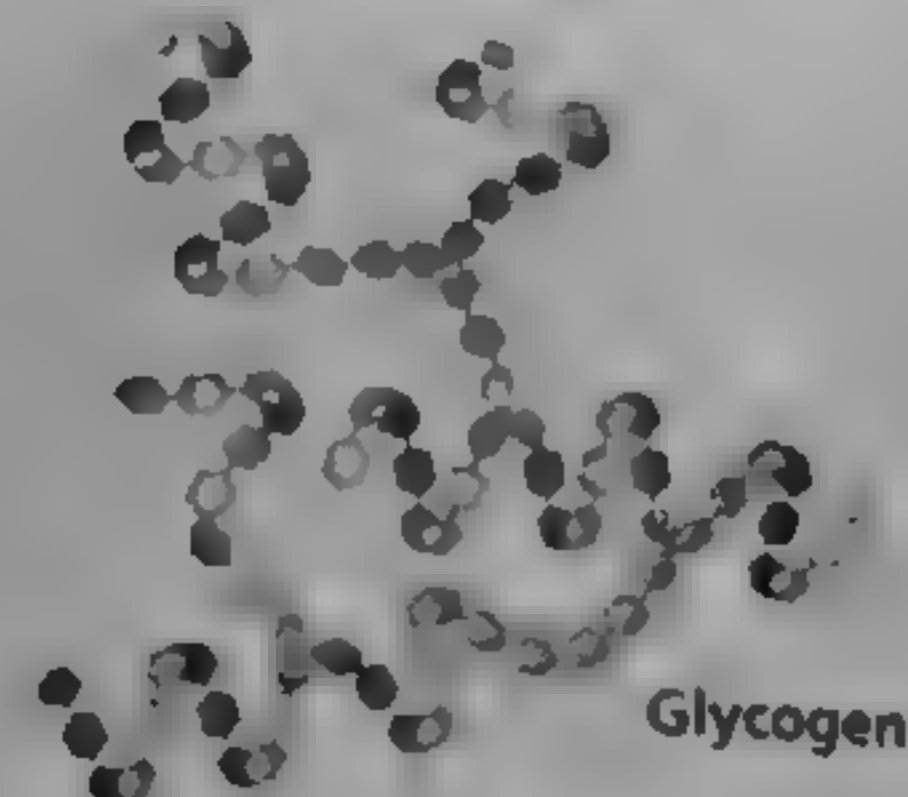
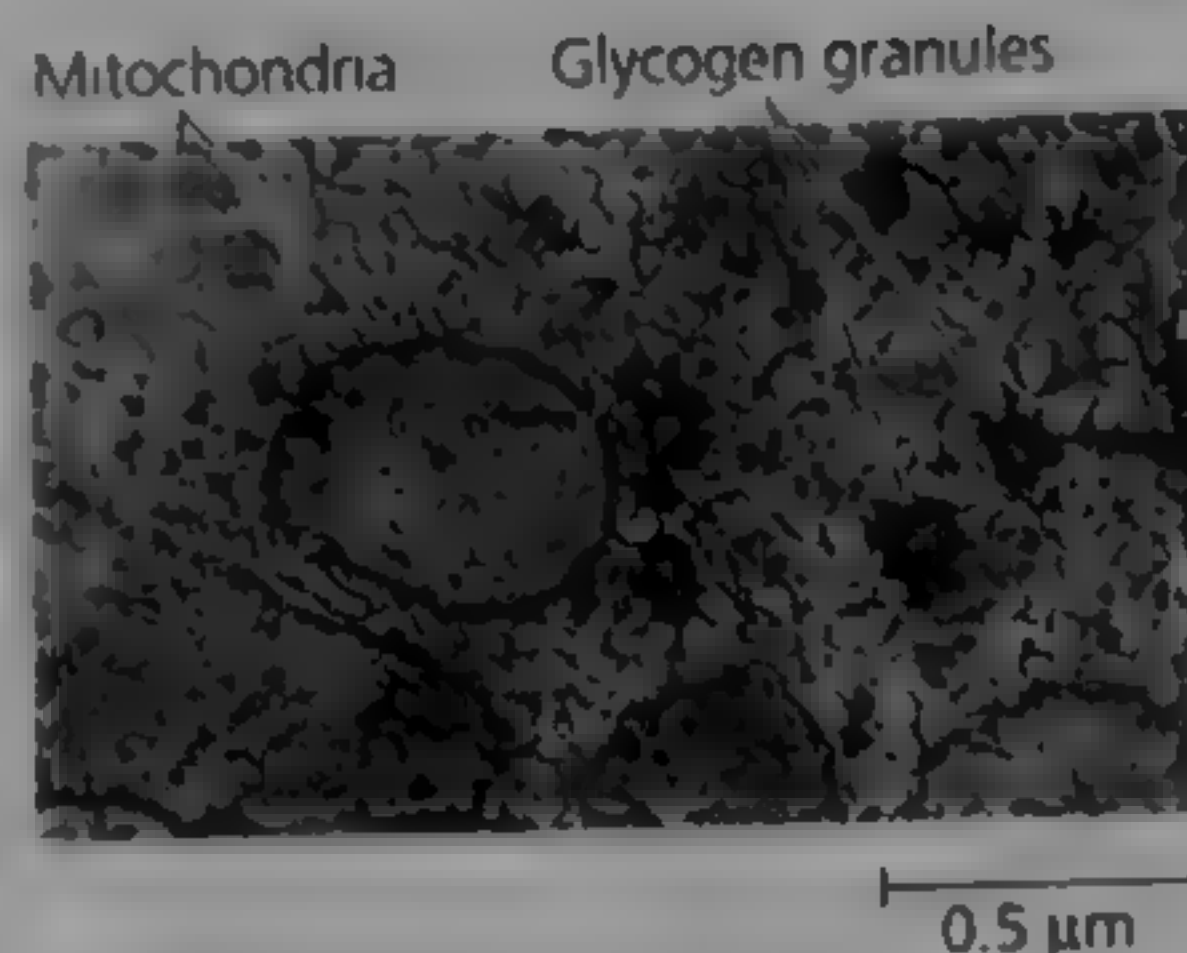
<sup>1</sup> Disaccharide  
<sup>2</sup> Glycosidic linkage



(الف) نشاسته: یک پلی‌ساکارید گیاهی است. میکروگراف، قسمتی از یک سلول گیاهی به همراه کلروپلاست، اندامکی که در آن گلوکز ساخته و سپس به صورت نشاسته ذخیره می‌شود. راشال می‌دهد آمیلور (عمرشاحه‌ای) و آمیلوپکتین (شاحه‌دار) دو نوع نشاسته هستند.



(ب) گلیکوژن: یک پلی‌ساکارید جانوری. همان طوری که در این میکروگراف، که از یک سلول کبدی گرفته شده است، می‌بینید سلول‌های حاوی گلیکوژن را به صورت دستجات دانه‌ای منظم و مسطح در سلول‌های کبد و ماهیچه ذخیره می‌کند. مینوکدیری اندامکی سلولی است که به تجربه گلوکز آزاد شده از گلیکوژن کمک می‌کند. توجه داشته باشید که گلیکوژن شاحه‌دارتر از آمیلوپکتین است.



▲ شکل ۵-۶ پلی‌ساکاریدهای ذخیره‌ای گیاهان و جانوران اس مثال‌ها شامل نشاسته و گلیکوژن هستند که از مونومرهای گلوکز ساخته می‌شوند و به صورت نشی صلعی نشان داده شده‌اند. به خاطر ساختار مولکولی، زنجیره‌های پلی‌مری تمایل به تشکیل مارپیچ دارند.

که به طور کامل از مونومرهای گلوکز ساخته شده است. بیشتر این مونومرها با اتصالات  $1 \rightarrow 4$  (کربن ۱ به کربن ۴) به هم پیوند شده‌اند. درست همانند واحدهای گلوکز در مالتوز (شکل ۵a-۵b) یا بیینید). زاویه این پیوندها منجر به مارپیچی شدن پلی‌مر فوق می‌گردد. ساده‌ترین شکل نشاسته، آمیلوز است که بدون شاخه است. آمیلوپکتین، شکل پیچیده نشاسته است که در ساختار آن، پیوندهای کربن  $1 \rightarrow 6$  در محل انشعاب دیده می‌شود.

گیاهان، نشاسته را به صورت دانه‌هایی در ساختارهای سلولی به نام پلاستیدها (از جمله کلروپلاست‌ها) ذخیره می‌کنند (شکل ۵-۶a). ساختن نشاسته، گیاه را قادر می‌سازد تا گلوکز مازاد را ذخیره نماید. از آنجا که گلوکز، سوخت اصلی سلولی است پس نشاسته، نمایانگر انرژی اندوخته شده است. قندها از این منبع کربوهیدراتی به کمک فرایند هیدرولیز جدا می‌شوند؛ فرایندی که باعث شکستن پیوندهای بین مونومرهای گلوکز می‌گردد. بیشتر جانوران و نیز انسان، دارای آنزیم‌هایی هستند که می‌توانند نشاسته گیاهی را هیدرولیز نموده و واحدهای گلوکز را به عنوان ماده غذایی در دسترس سلول قرار دهند. غده سیب‌زمینی و دانه‌ها (میوه گندم، جو، برنج و سایر غلات) منابع عمده نشاسته در رژیم غذایی انسان به شمار می‌روند.

است که از به هم چسبیدن دو مولکول گلوکز ساخته می‌شود (شکل ۵a-۵b). مالتوز به عنوان قند مالت در تهیه آب‌جو استفاده می‌شود. رایج‌ترین دوقندی، ساکارز است که قند چغندر به شمار می‌رود. مونومرهای سازنده آن گلوکز و فروکتوز هستند (شکل ۵b-۵). بیشتر گیاهان، کربوهیدرات‌ها را از برگ‌هایشان به ریشه و سایر اندام‌های غیرفوتوسنتزی به شکل ساکارز انتقال می‌دهند. لاکتوز یا قند شیر، دوقندی دیگری است که در آن یک گلوکز به مولکول گالاکتوز پیوند یافته است.

### پلی‌ساکاریدها

پلی‌ساکاریدها، درشت‌مولکول‌هایی به صورت پلی‌مری از چند صد تا چند هزار واحد قندی متصل شده با پیوند گلیکوزیدی هستند. برخی از پلی‌ساکاریدها به عنوان مواد ذخیره‌ای به کار می‌روند و با هیدرولیز شدن، قند مورد نیاز سلول‌ها را فراهم می‌کنند. پلی‌ساکاریدهای دیگر به عنوان مواد سازنده ساختارهای نگهدارنده سلول و یا کل بدن جاندار استفاده می‌شوند. ساختار و عملکرد یک پلی‌ساکارید با مونومرهای قندی تشکیل دهنده و نیز جایگاه پیوندهای گلیکوزیدی آن تعیین می‌شود.

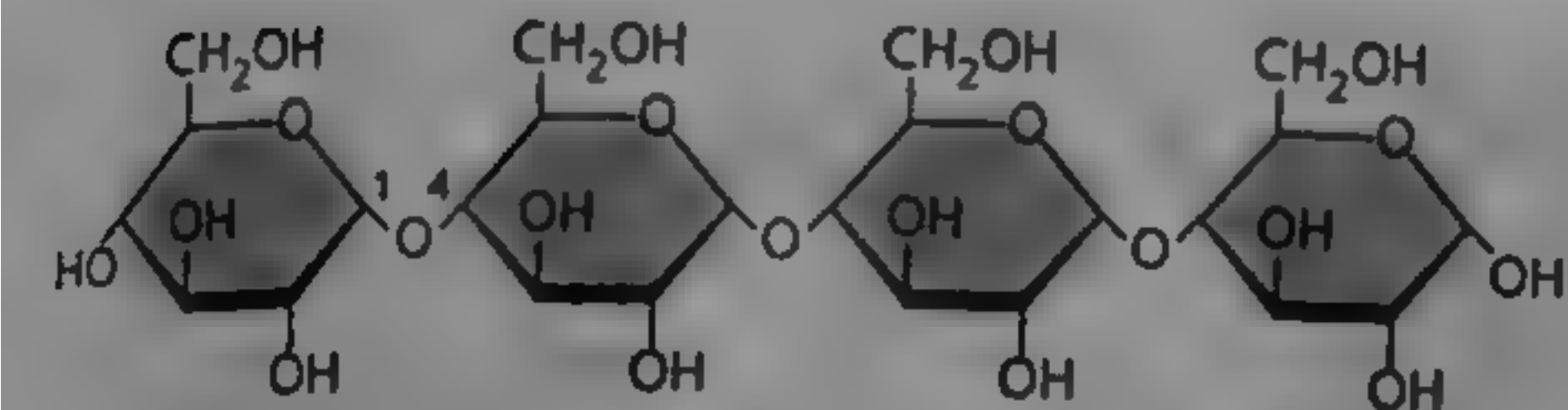
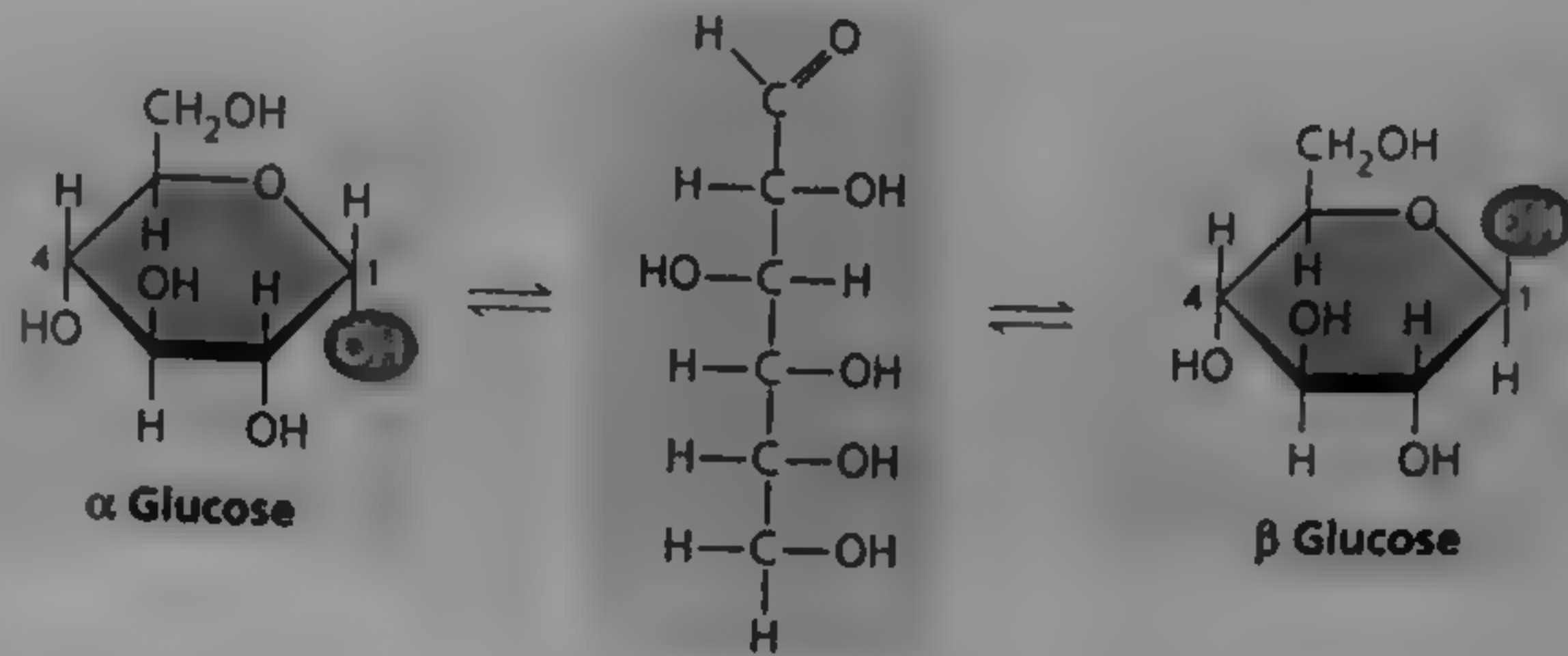
### پلی‌ساکاریدهای ذخیره‌ای

نشاسته<sup>۱</sup> به عنوان پلی‌ساکارید ذخیره‌ای گیاهان، پلی‌مری است

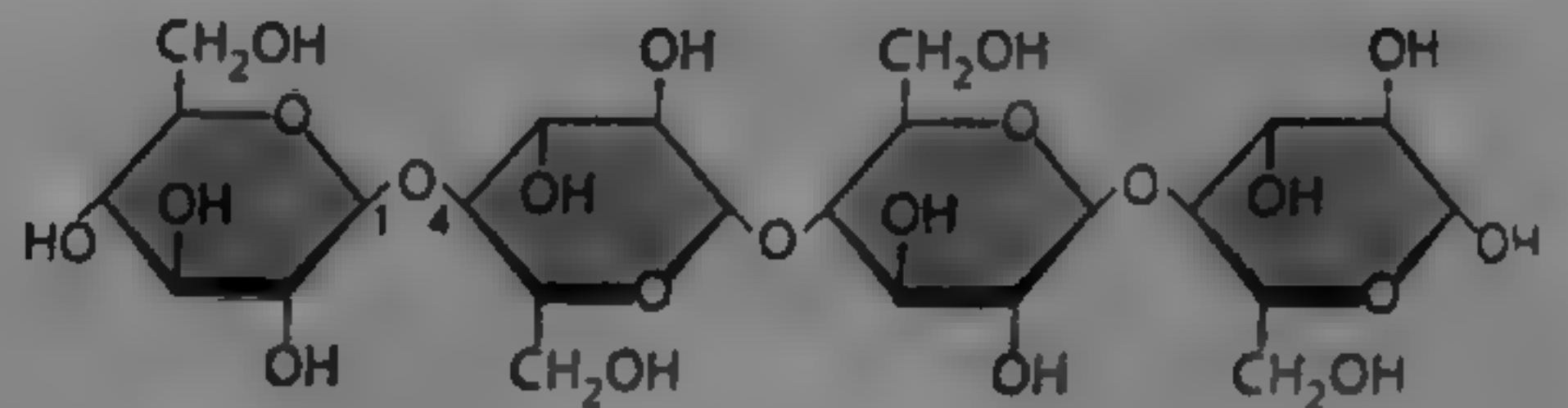
1 - Polysaccharides  
2 - Starch



(a) ساختارهای آلفا و بتای حلقه گلوکز. این دو فرم قابل تبدیل گلوکز، در جایگاه گروه هیدروکسیل (رنگ آبی) متصل به کربن شماره ۱ با هم تفاوت دارند

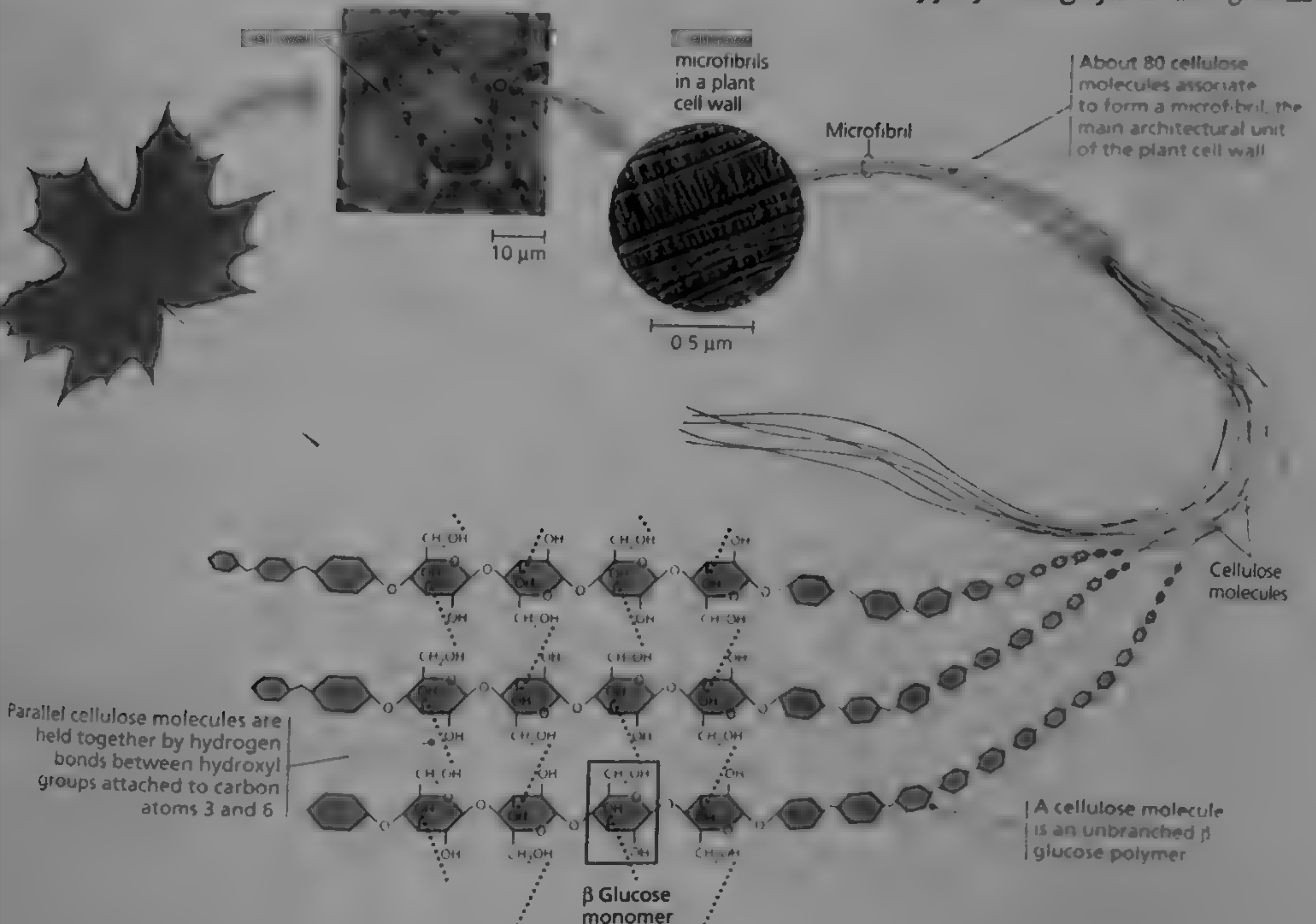


(b) نشاسته: اتصال ۱ → ۴ مونومرهای α-گلوکز. تمامی مونومرها جهت یلی مناسبتی دارند جایگاه گروه های OH که با رنگ زرد مشخص شده اند را در این شکل با آنهایی که در سلولز (c) وجود دارند مقایسه کنید.



(c) سلولز: اتصال ۱ → ۴ مونومرهای β-گلوکز در سلولز هر مونومر β-گلوکز نسبت به مونومر محاورش به صورت وارونه قرار گرفته است

▲ شکل ۵-۲ ساختارهای نشاسته و سلولز.



▲ شکل ۵-۸ آرایش سلولز در دیواره های سلول گیاهی.



ریز رشته‌ها<sup>۳</sup> (میکروفیبریل) را ایجاد نموده‌اند (شکل ۸ - ۵). این ریز رشته‌های طناب مانند، ترکیبات ساختاری محکمی برای گیاهان و نیز انسان‌ها به‌شمار می‌آیند. انسان‌ها از چوب که مملو از سلولز است به‌عنوان الوار استفاده می‌کنند.

آنزیم‌هایی که نشاسته را با هیدرولیز کردن پیوندهای  $\alpha$  گوارش می‌دهند نمی‌توانند پیوندهای  $\beta$  در سلولز را گوارش دهند. که این به‌دلیل ساختارهای کاملاً متفاوت این دو مولکول است. در واقع، جانداران کمی هستند که آنزیم گوارش‌دهنده سلولز را دارا هستند. انسان‌ها این آنزیم را ندارند و سلولز درون رژیم غذایی آنها از لوله گوارشی عبور کرده و به شکل مدفوع، خارج می‌گردد. اما در این مسیر، سلولز، دیواره لوله گوارشی را ساییده و آن را تحریک می‌کند که مخاط ترشح نماید و این مخاط ترش‌جی به‌عبور آسان غذا از لوله گوارشی کمک می‌نماید. بنابراین، اگرچه سلولز ماده غذایی انسان‌ها نیست، اما کار مهمی در ایجاد یک رژیم سالم برای انسان دارد. بیشتر میوه‌های تازه، سبزی‌ها و دانه‌ها غنی از سلولز هستند. در بسته‌های غذایی، منظور از «فیبرهای نامحلول»<sup>۴</sup>، سلولز است.

برخی از میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سلولز را گوارش دهند و آن را به واحدهای مونومری گلوکز تبدیل نمایند. گاو، دارای باکتری‌های گوارش‌دهنده سلولز در سیرانی، یعنی بخش ابتدایی معده خود است. باکتری‌ها، سلولز یونجه و علف‌ها را هیدرولیز کرده و گلوکز حاصل را به دیگر مواد غذایی تبدیل می‌کنند که توسط گاو استفاده می‌شود. به همین ترتیب، یک موریانه خود قادر به گوارش سلولز نیست، اما در روده خود میکروب‌هایی دارد که توانایی گوارش چوب را دارند. برخی از قارچ‌ها نیز می‌توانند سلولز را گوارش دهند و در نتیجه به بازیافت عناصر شیمیایی در اکوسیستم زمین کمک می‌کنند.

پلی ساکارید مهم دیگر، کیتین<sup>۵</sup> است. کیتین، کربوهیدرات مورد استفاده بندپایان (حشرات، عنکبوت‌ها، سخت‌پوستان و جانوران وابسته) است، که از آن در ساخت اسکلت خارجی شان استفاده می‌کنند (شکل ۹ - ۵). اسکلت خارجی، بخش سفت و سختی است که بخش‌های نرم جانور را در برمی‌گیرد. کیتین خالص حالت چرمی دارد، اما هنگامی که با نمک کربنات کلسیم پوشانده شود، سفت و سخت می‌گردد. همچنین، کیتین در بسیاری از قارچ‌ها یافت می‌شود؛ قارچ‌ها این پلی ساکارید را بیش از سلولز به‌عنوان ماده سازنده دیواره سلولی‌شان به کار می‌برند. کیتین شباهت بسیاری به سلولز دارد به جز اینکه، مونومر گلوکزی کیتین دارای بخش نیتروژن دار است (شکل ۹ - ۵ را ببینید).

جانوران، پلی ساکاریدها را به شکل گلیکوژن<sup>۱</sup> ذخیره می‌کنند که پلی مری از واحدهای گلوکز و مشابه آمیلوپکتین است ولی انشعابات آن بیشتر می‌باشد (شکل ۶b - ۵). انسان‌ها و دیگر مهره‌داران، گلیکوژن را در کبد و سلول‌های ماهیچه‌ای ذخیره می‌کنند. هیدرولیز گلیکوژن در این سلول‌ها، مقدار گلوکز را هنگام نیاز به قند افزایش می‌دهد. این سوخت ذخیره‌ای نمی‌تواند به مدت طولانی به شکل ذخیره‌ای باقی بماند. به‌عنوان مثال در انسان، همه گلیکوژن اندوخته شده در یک روز، اگر در طول روز با خوردن غذا جایگزین نشود، به پایان می‌رسد.

### پلی ساکاریدهای ساختمانی

جانداران، ترکیبات استحکامی را از پلی ساکاریدهای ساختمانی می‌سازند. برای مثال، پلی ساکارید سلولز<sup>۲</sup>، بخش اصلی دیواره‌های سفت و محکم پیرامون سلول‌های گیاهی را می‌سازد. در یک مقیاس کلی، گیاهان حدود  $10^{11}$  (۱۰۰ میلیارد) تن سلولز در سال می‌سازند که فراوان‌ترین ترکیب الی در روی زمین به‌شمار می‌رود. همانند نشاسته، سلولز نیز پلی مری از واحدهای گلوکز است، اما پیوند گلیکوزیدی آن بین دو مونومر قندی، با نشاسته فرق دارد. این اختلاف بر این اساس است که دو حلقه غیریکسان گلوکز در آن وجود دارد (شکل ۷a - ۵). هنگامی که گلوکز تشکیل حلقه می‌دهد، گروه هیدروکسیل به کربن شماره ۱ در مکان بالایی یا پایینی صفحه حلقه می‌تواند پیوند شود. این دو حلقه گلوکز را به ترتیب  $\beta$  (بتا) و  $\alpha$  (آلفا) می‌نامند. در نشاسته، همه مونومرهای گلوکز در شکل فضایی  $\alpha$  هستند (شکل ۷b - ۵)، آرایشی که در شکل ۴ - ۵ و ۵ - ۵ دیدیم. برخلاف نشاسته، مونومرهای گلوکز در سلولز دارای شکل فضایی  $\beta$  هستند که باعث می‌شود هر مونومر گلوکز نسبت به گلوکز کناری خود به‌صورت وارونه قرار گیرد (شکل ۷c - ۵).

تفاوت پیوندهای گلیکوزیدی در نشاسته و سلولز، به این دو مولکول شکل‌های سه‌بعدی متمایزی می‌دهد. درحالی که یک مولکول نشاسته کاملاً فرم مارپیچی دارد، مولکول سلولز کاملاً مستقیم است (بدون شاخه می‌باشد) و گروه‌های هیدروکسیل آن آمادگی پذیرش پیوند هیدروژنی را دارند. این پیوندها به کمک گروه‌های هیدروکسیل مولکول‌های دیگر سلولز که به‌صورت موازی با رشته اول قرار گرفته‌اند، انجام می‌شود. در دیواره سلول‌های گیاهی، مولکول‌های سلولز موازی هم قرار گرفته و واحدهایی به‌نام

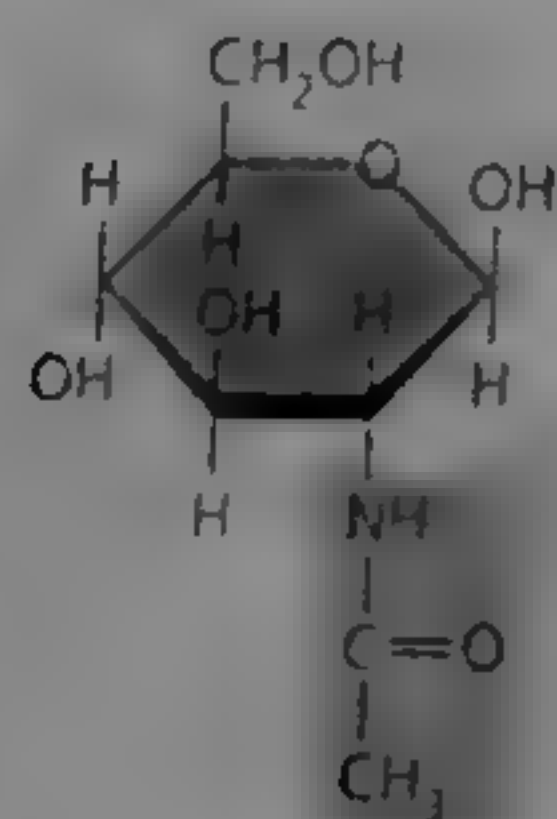


می‌شوند که دارای یک ویژگی مهم مشترک می‌باشند: آنها آب‌دوست نیستند و یا تمایل کمی به آب دارند. رفتار آب‌گریزی لیپیدها بر پایه ساختار مولکولی آنها است. اگر چه لیپیدها دارای پیوندهای قطبی در رابطه با اکسیژن هستند ولی بیشتر از هیدروکربن‌ها ساخته شده‌اند. این مولکول‌ها کوچک‌تر از درشت‌مولکول‌های (پلی‌مرهای) واقعی بوده و از لحاظ شکل و عملکرد بسیار گوناگون هستند. موم‌ها و رنگ‌دانه‌های ویژه نیز جزء لیپیدها می‌باشند ولی ما بیشتر بر روی انواع مهم‌تر لیپیدهای زیستی متمرکز می‌شویم: چربی‌ها، فسفولیپیدها و استروئیدها.

### چربی‌ها

اگرچه چربی‌ها پلی‌مر نیستند ولی مولکول‌های بزرگی هستند که از ترکیب مولکول‌های کوچک‌تر در واکنش‌های آب‌دهی ساخته می‌شوند. یک چربی<sup>۱</sup>، از دو نوع مولکول کوچک‌تر به نام‌های گلیسرول و اسیدهای چرب ساخته شده است (شکل ۵-۱۰a). گلیسرول، الکلی با سه اتم کربن است که هر کدام از این سه اتم کربن دارای گروه هیدروکسیل هستند. یک اسید چرب<sup>۲</sup> دارای اسکلت کربنی بلندی با ۱۶ تا ۱۸ اتم کربن است. در پایان هر اسید چرب یک گروه کربوکسیل وجود دارد. گروه کربوکسیل، بخش عملکردی اسید چرب و عامل نام‌گذاری این اسیدها می‌باشد. یک بخش هیدروکربنی بلند به گروه کربوکسیل متصل شده است. پیوندهای C-H غیرقطبی، در زنجیره‌های هیدروکربنی اسیدهای چرب، دلیلی بر آب‌گریز بودن چربی‌ها می‌باشد. چربی‌ها از آب جدا می‌شوند، این به خاطر تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب است که منجر به خارج کردن چربی‌ها از آب می‌گردند. مثال معمول از این فرایند، جدا شدن روغن گیاهی (چربی مایع) از محلول آبی سرکه در ظرف سالاد می‌باشد.

در ساخته شدن یک چربی، سه اسید چرب با پیوند استری به یک مولکول گلیسرول متصل می‌شوند. پیوند استری، پیوند بین گروه هیدروکسیل و گروه کربوکسیل است. چربی حاصل را یک تری‌اسیل‌گلیسرول<sup>۳</sup> می‌نامند که از سه اسید چرب پیوند شده به یک مولکول گلیسرول ساخته شده است (نام دیگر به کار رفته برای چربی، تری‌گلیسرید است، نامی که در فهرست مواد تشکیل‌دهنده فرآورده‌های غذایی بسته‌بندی شده به کار می‌رود). اسیدهای چرب در یک چربی می‌توانند یکسان باشند، مانند آن‌چه که در شکل ۵-۱۰b دیده می‌شود و یا اینکه می‌توانند از دو یا سه اسید چرب گوناگون تشکیل شده باشند.



ساختار کتین  
مونومر کتین

کتین اسکلت سدیان را تشکیل می‌دهد. این جراحی در حال توسعه‌ای است. پوسته قدیمی‌اش را خارج کرده و به فرم بالغ در می‌آید.



از کتین برای ساختن بیهوش‌های جراحی محکم و بی‌خطا پذیر استفاده می‌کنند. ▲  
که پس از بهبود زخم، تحریر می‌گردد

▲ شکل ۵-۹ کتین، پلی‌ساکارید ساختمانی.

### پرش‌های مبحث ۵-۲

۱. فرمول مونوساکاریدی با سه اتم کربن را بنویسید.
  ۲. یک واکنش آب‌دهی دو مولکول گلوکز را به هم پیوند داده تا مالتوز بسازد. فرمول گلوکز  $C_6H_{12}O_6$  است. فرمول مالتوز چیست؟
- پروکاریوت‌های معدده آنرا از بین ببرد چه اتفاقی می‌افتد؟  
برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

### ۵-۳ لیپیدها، گروه گوناگونی از مولکول‌های آب‌گریز

هستند

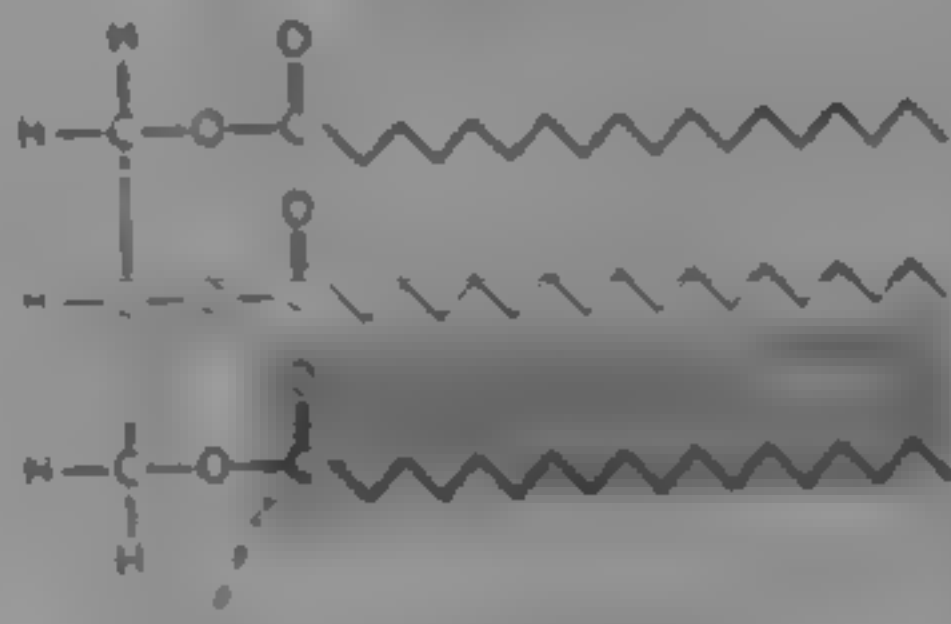
لیپیدها، دسته‌ای از مولکول‌های زیستی هستند که به شکل پلی‌مر نیستند. ترکیباتی با نام لیپیدها<sup>۱</sup> در کنار یکدیگر گروه‌بندی



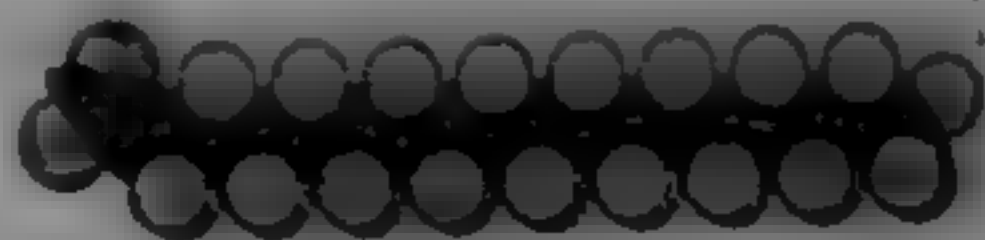
### ۵- چربی اشباع

در دمای اتاق، مولکول‌های چربی اشباع مثل کره، در کنار یکدیگر به صورت منظم در می‌آیند.

فرمول ساختمانی یک مولکول چربی اشباع (هگزانویک اسید) هیدروکسی به صورت یک خط کربنی مستقیم است که هر حلقه‌ای یک سوکتین را نشان می‌دهد و هیدروژن‌ها نیز نشان داده شده‌اند.



مدل فضای یکی از مولکول‌ها یک است که به صورت یک خط مستقیم است. کربن‌ها به صورت دایره‌ها و هیدروژن‌ها به صورت نقطه‌ها نشان داده شده‌اند.

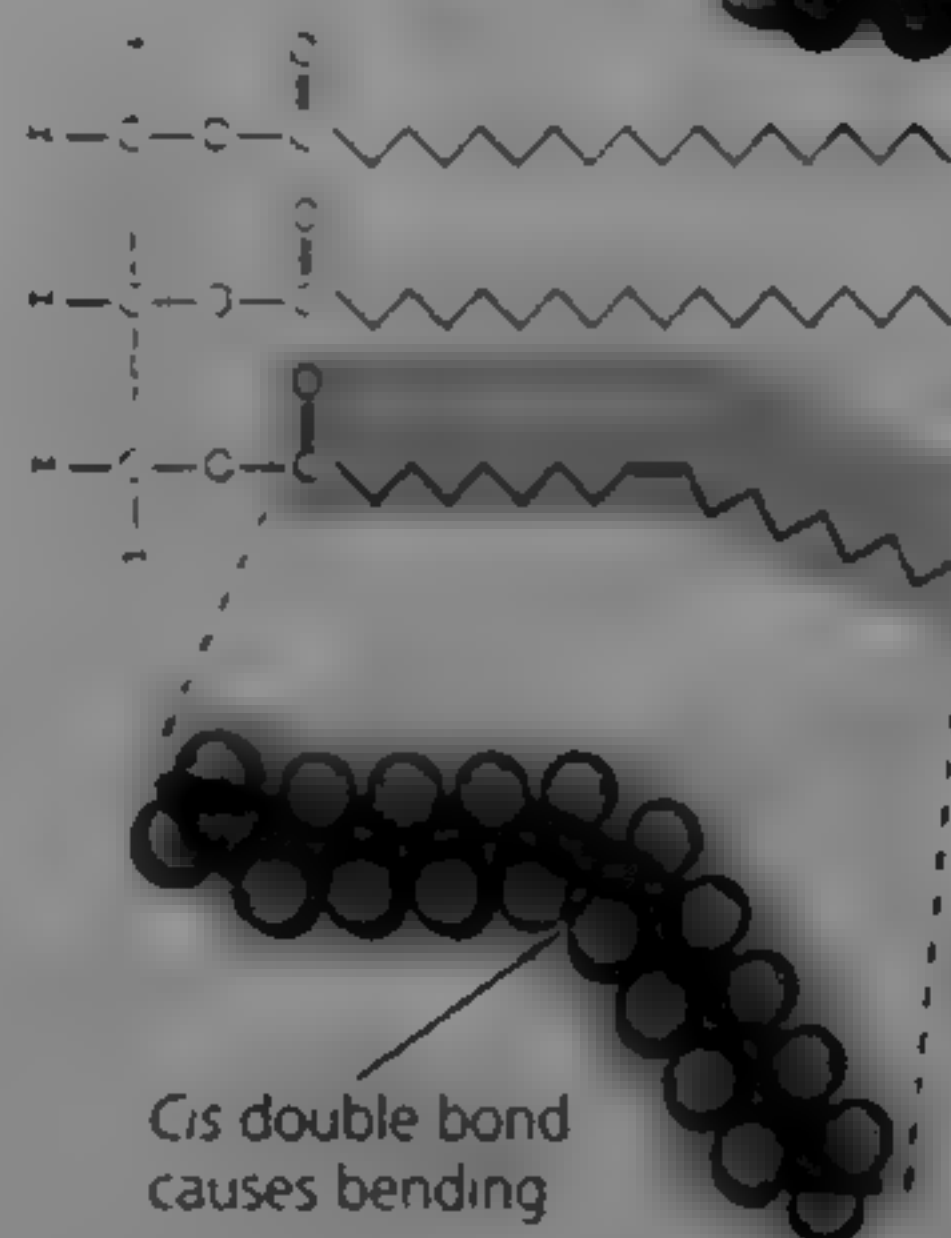


### (b) چربی غیر اشباع

در دمای اتاق، مولکول‌های چربی غیر اشباع، مانند روغن زیتون می‌توانند در کنار یکدیگر جمع و جور شوند که این به خاطر خمیدگی در برخی زنجیره‌های اسید چرب به واسطه وجود پیوند دوگانه است.



فرمول ساختمانی یک مولکول چربی غیر اشباع

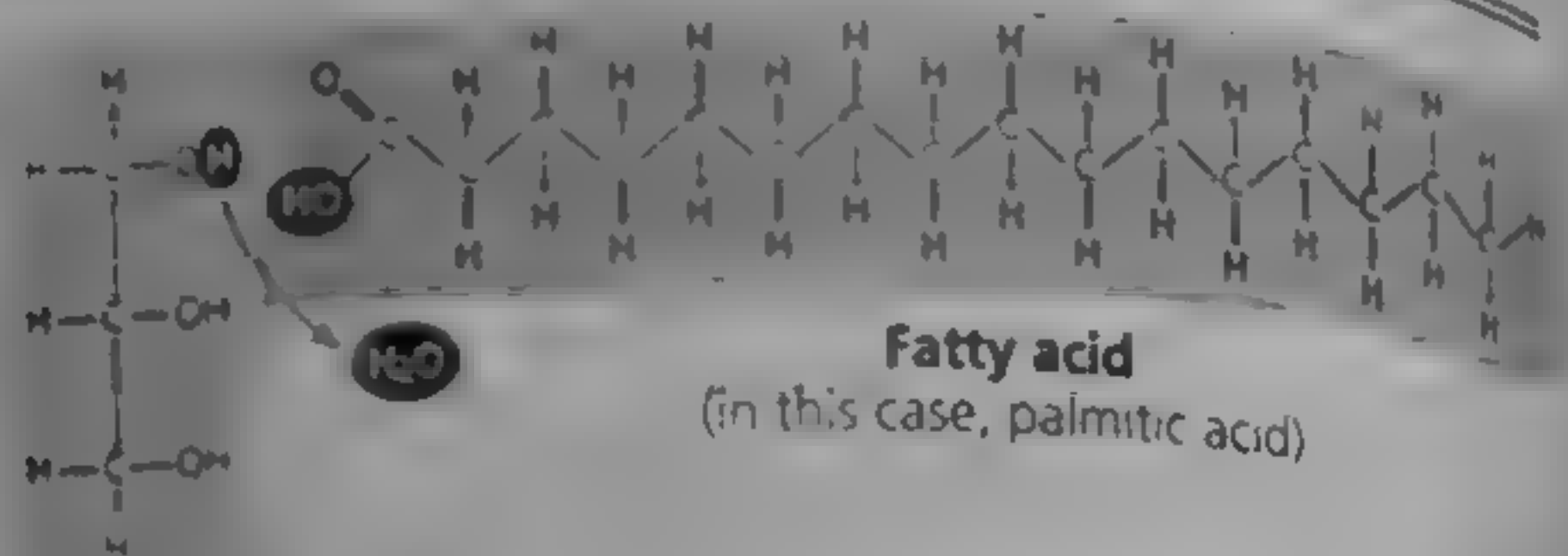


مدل فضای یکی از مولکول‌ها یک است که به صورت یک خط خمیده است.

Cis double bond causes bending

### ▲ شکل ۵-۱۱ چربی‌ها و اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع.

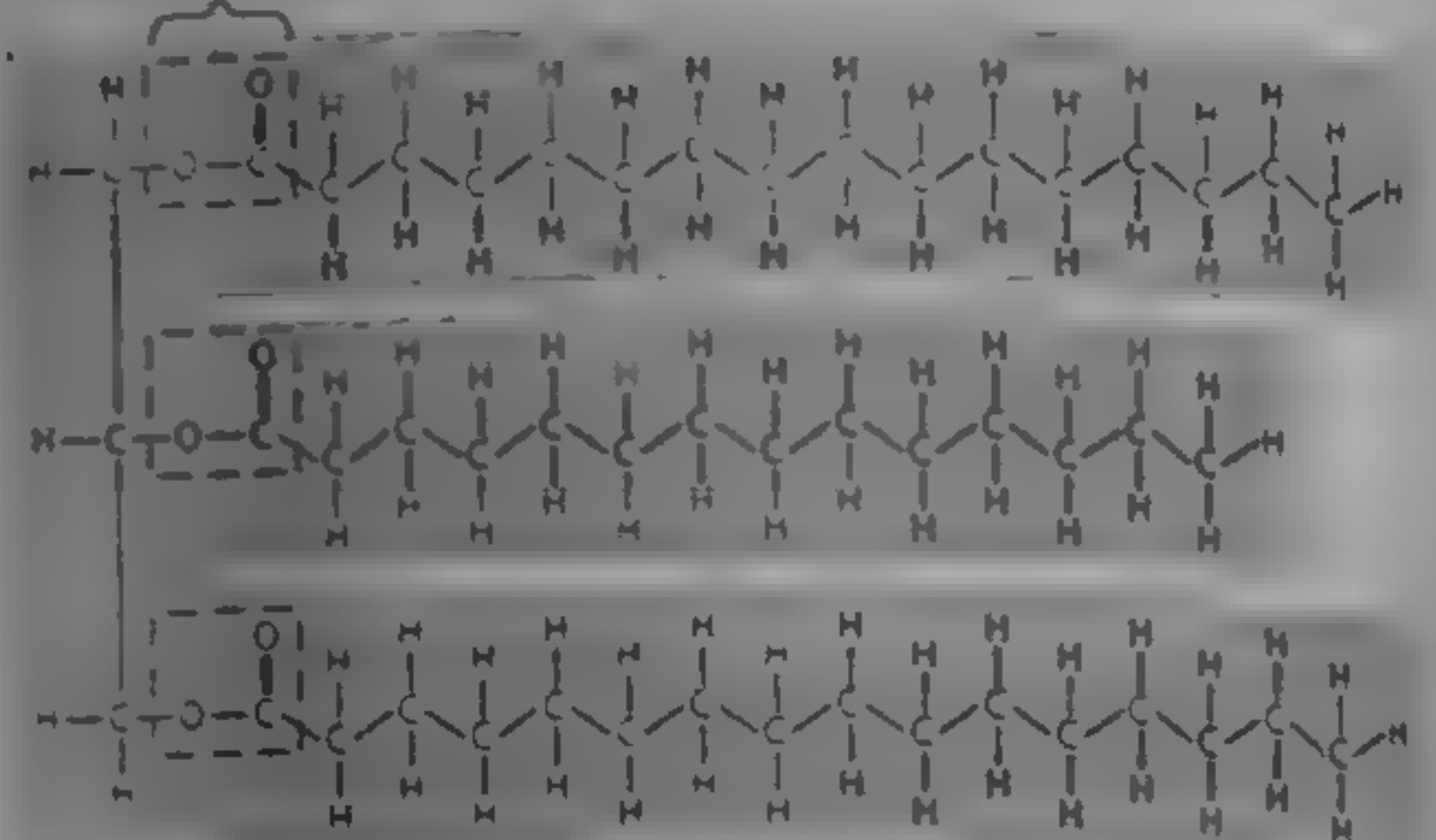
مولکول‌ها می‌توانند در کنار یکدیگر به صورت پهلویه‌پهلوی قرار گیرند. چربی‌های جانوری اشباع همچون کره و پیسه در دمای اتاق جامد هستند. برعکس آنها، چربی‌های گیاهان و ماهی‌ها عموماً غیر اشباع هستند، یعنی از یک یا چند نوع اسید چرب غیر اشباع ساخته شده‌اند. این چربی‌ها معمولاً در دمای اتاق روان هستند و به آنها روغن



Glycerol

(a) یکی از سه واکنش آب‌دهی در سنتز یک چربی

Ester linkage



(b) مولکول چربی (تری‌اسیل گلیسرول)

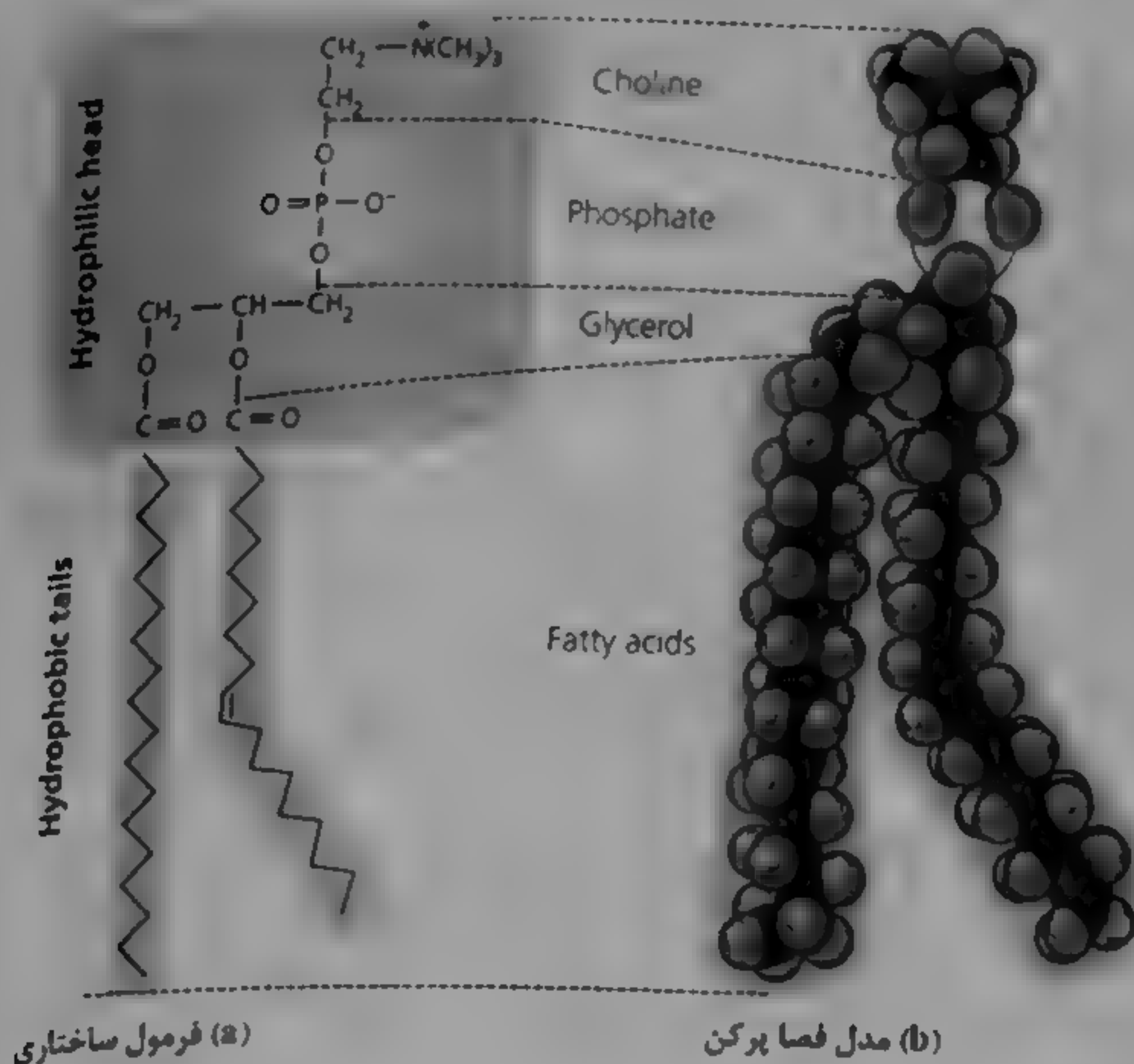
▲ شکل ۵-۱۰ روش ساخت و ساختمان یک چربی، یا تری‌اسیل گلیسرول. واحدهای سازنده مولکولی یک چربی شامل یک مولکول گلیسرول و سه مولکول اسید چرب است. (a) یک مولکول آب از پیوند هر اسید چرب با گلیسرول آزاد می‌شود. (b) یک مولکول چربی با سه اسید چرب، که دوتای آنها یکسان هستند. کربن‌های اسیدهای چرب به صورت زیگ‌زاگ هستند که نشان‌دهنده آرایش واقعی چهار پیوند اطراف هر اتم کربن است (شکل ۲a-۴ را ببینید).

اسیدهای چرب از لحاظ اندازه، تعداد و محل پیوندهای دوگانه متفاوتند. واژه چربی‌های اشباع و چربی‌های غیر اشباع به‌طور رایج در علم تغذیه به کار می‌رود (شکل ۵-۱۱). این واژه‌ها به ساختار زنجیره‌های هیدروکربنی اسیدهای چرب اشاره دارد. اگر هیچ پیوند دوگانه‌ای بین اتم‌های کربن سازنده اسید چرب نباشد، آنگاه حداکثر اتم‌های هیدروژن قادر به پیوند با اسکلت کربنی هستند. چنین ساختاری با هیدروژن اشباع می‌گردد، به گونه‌ای که اسید چرب حاصل را یک اسید چرب اشباع<sup>۱</sup> می‌نامند (شکل ۵-۱۱a). یک اسید چرب غیر اشباع<sup>۲</sup> دارای یک یا چند پیوند دوگانه است که با حذف اتم‌های هیدروژن از اسکلت کربنی ایجاد می‌شوند. اسید چرب غیر اشباع در زنجیره هیدروکربنی خود خمیدگی خواهد داشت (شکل ۵-۱۱b).

چربی ساخته شده از اسیدهای چرب اشباع را چربی اشباع شده می‌گویند. بیشتر چربی‌های جانوری از نوع اشباع شده هستند. زنجیره‌های هیدروکربنی اسیدهای چرب در این مولکول‌ها، یا همان دنباله‌های مولکول‌های چربی، بدون پیوندهای دوگانه هستند و این

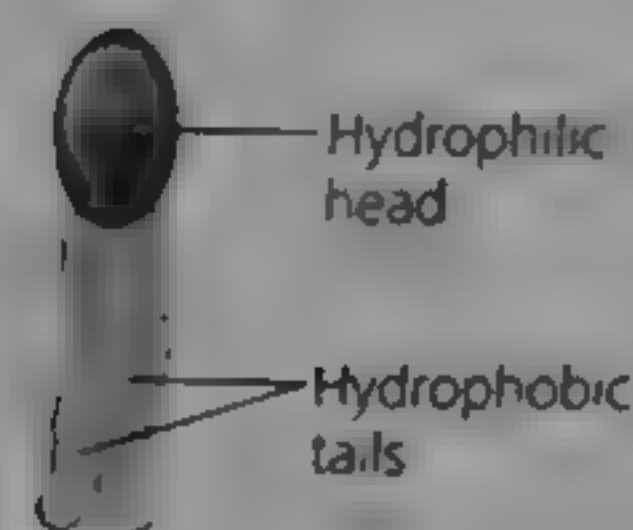
1 - Saturated fatty acid  
2 - Unsaturated fatty acid





◀ شکل ۱۲-۵ ساختمان یک فسفولیپید. یک فسفولیپید دارای یک سر اسیدوست (قطبی) و دو دم آب گریز (غیرقطبی) است. نوع فسفولیپیدها بر پایه اختلاف در دو اسید چرب و نیز گروههای اتصال یافته به گروه فسفر در بخش سر فسفولیپید می باشد. این فسفولیپید حاصل را فسفاتیدیل کولین می نامند که دارای یک گروه کولین است. خمیدگی در بخش دم به واسطه پیوند دوگانه میس است. (a) فرمول ساختمانی نشان داده شده است. (b) در مدل فضا پرکن، کربن صلب، هیدروژن خاکستری، اکسیژن قرمز، فسفر زرد و نیتروژن آبی است. (c) این علامت مخصوص فسفولیپید است که در سرتاسر کتاب استفاده شده است.

**دست گنبد** دور سر اسیدوست این مدل فضا پرکن یک بیضی بکشید.



(c) نشانه فسفولیپیدی

چربی ها در فرهنگ امروزی با یک ذهنیت منفی همراه هستند و شاید برای شما عجیب باشد که چربی ها چه کاربرد سودمندی دارند. عمل اصلی چربی ها، ذخیره انرژی است. زنجیره های هیدروکربنی چربی ها مانند مولکول های بنزین هستند و غنی از انرژی می باشند. یک گرم چربی بیش از دو برابر یک گرم پلی ساکارید، مانند نشاسته، انرژی در خود دارد. از آنجاکه گیاهان نسبتاً غیرمتحرک هستند، بنابراین با اندوخته فراوانی از انرژی به شکل نشاسته عمل می نمایند (روغن های گیاهی معمولاً از دانه ها گرفته می شوند، جایی که اندوخته بسیار فشرده بوده و سرمایه گیاه به شمار می آید). اما جانوران، باید این انرژی را با خود جابه جا کنند، به گونه ای که داشتن یک اندوخته فشرده همچون چربی، نوعی مزیت به شمار می رود. انسان ها و دیگر پستانداران، ذخایر غذایی بلندمدت خود را در سلول های چربی انباشته می کنند (شکل ۶۸-۴). سلول های چربی هنگام اندوختن چربی، متورم و هنگام تخلیه شدن این اندوخته چروکیده می گردند. بافت چربی علاوه بر ذخیره کردن انرژی از اندام هایی همچون کلیه محافظت می کند و یک لایه چربی در زیر پوست، بدن را عایق بندی می نماید. این لایه زیرپوستی به خصوص در نهنگ ها، سگ های دریایی و دیگر پستانداران دریایی ضخیم است و آنها را در برابر آب سرد اقیانوس ها محافظت می کند.

گفته می شود مانند روغن زیتون و روغن ماهی، خمیدگی هایی که در محل پیوندهای دوگانه میس ایجاد می گردد، از کنار هم قرار گرفتن این اسیدهای چرب غیراشباع جلوگیری کرده بنابراین نمی توانند به اندازه کافی به هم نزدیک شوند و نتیجه آن، جامد نشدن در دمای اتاق است. عبارت «روغن گیاهی هیدروژنه» در برچسب های مواد غذایی به این معنی است که چربی های ساخته شده غیراشباع با افزودن هیدروژن به شکل اشباع درآمده اند. کره بادام زمینی، مارگارین و بسیاری از فرآورده های دیگر برای خارج شدن لیپیدها از شکل مایع (روغنی)، هیدروژنه می گردند.

رژیم غذایی غنی از چربی های اشباع شده، یکی از عوامل مؤثر در ابتلا به بیماری های قلبی و رگ ها به نام آترواسکلروزیس<sup>۱</sup> (سخت شدن رگ ها) است. در چنین شرایطی، پلاک هایی بر روی دیواره های رگ های خونی ایجاد می گردد که سبب تودگی و برآمدگی به سوی درون این رگ ها شده و گردش خون رگ ها را کند کرده و خاصیت ارتجاعی رگ ها را کاهش می دهد. بررسی های تازه نشان داده که فرایند هیدروژنه کردن روغن های گیاهی ضمن ایجاد چربی های اشباع، چربی هایی با پیوندهای دوگانه ترانس را هم به وجود می آورد. مولکول های چربی ترانس بیش از چربی های اشباع در سخت شدن رگ ها مؤثرند (فصل ۴۲ را ببینید).



## استروئیدها

استروئیدها<sup>۲</sup>، لیپیدهایی هستند که اسکلت کربنی‌شان از چهار حلقه متصل به هم ساخته شده است (شکل ۱۴-۵). استروئیدهای گوناگون در گروه‌های عملکردی فعال متصل شده به این مجموعه حلقه‌ای متفاوتند. یکی از استروئیدها، به نام کلسترول<sup>۳</sup>، ترکیب اصلی و معمول غشای سلول‌های جانوری است و پیش‌سازی برای ساخت دیگر استروئیدها به‌شمار می‌آید. بسیاری از هورمون‌ها مانند هورمون‌های جنسی مهره‌داران، استروئیدهای حاصل از کلسترول هستند (شکل ۹-۴ را ببینید). بنابراین، کلسترول یک مولکول حیاتی در جانوران است هر چند که سطح بالای کلسترول در خون می‌تواند سبب آترواسکلروزیس و سختی سرخرگ‌ها گردد. هم چربی‌های اشباع و هم چربی‌های غیراشباع ترانس با اثر بر مقدار کلسترول خون، می‌توانند بر سلامت انسان تأثیر منفی داشته باشند.

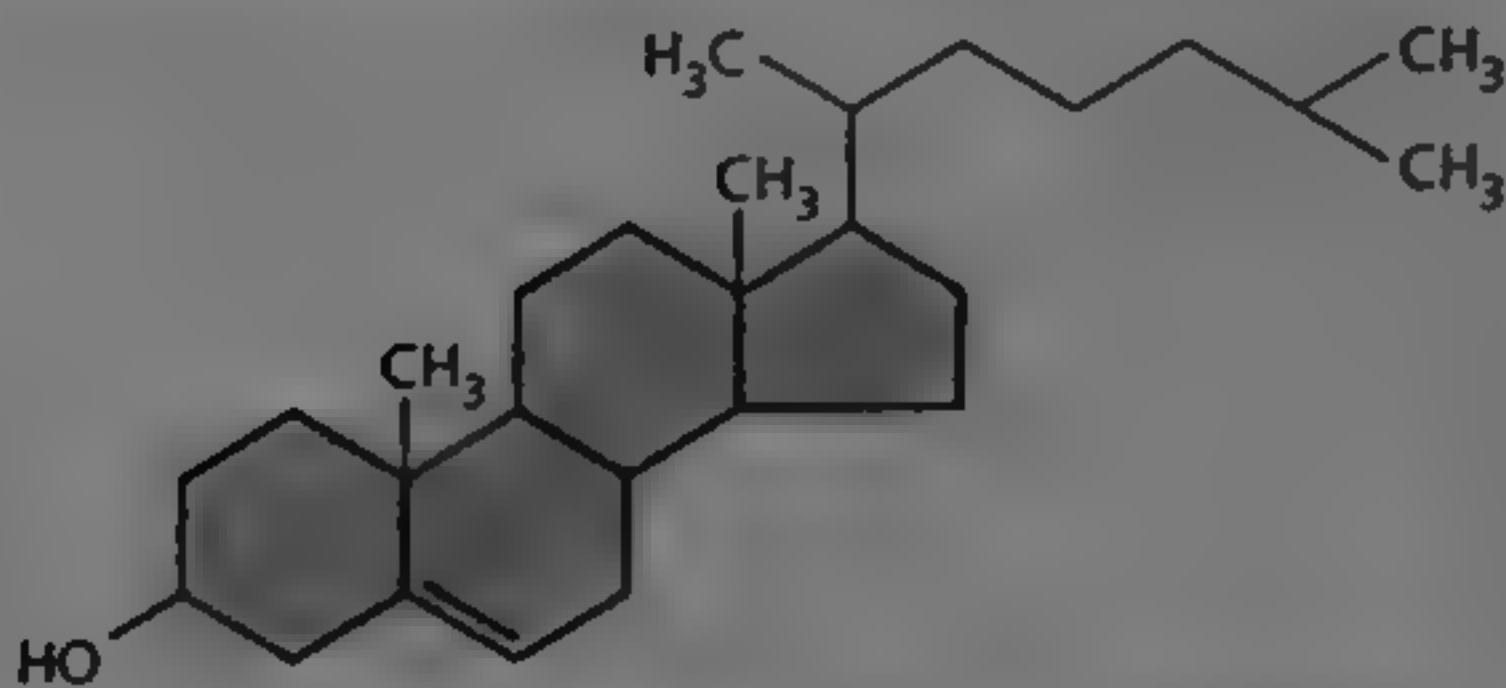
## پرسش‌های بحث ۳-۵

۱. ساختمان یک چربی (تری‌گلیسرید) را با یک فسفولیپید مقایسه کنید.
۲. چرا هورمون‌های جنسی انسان در دسته لیپیدها طبقه‌بندی می‌شوند؟



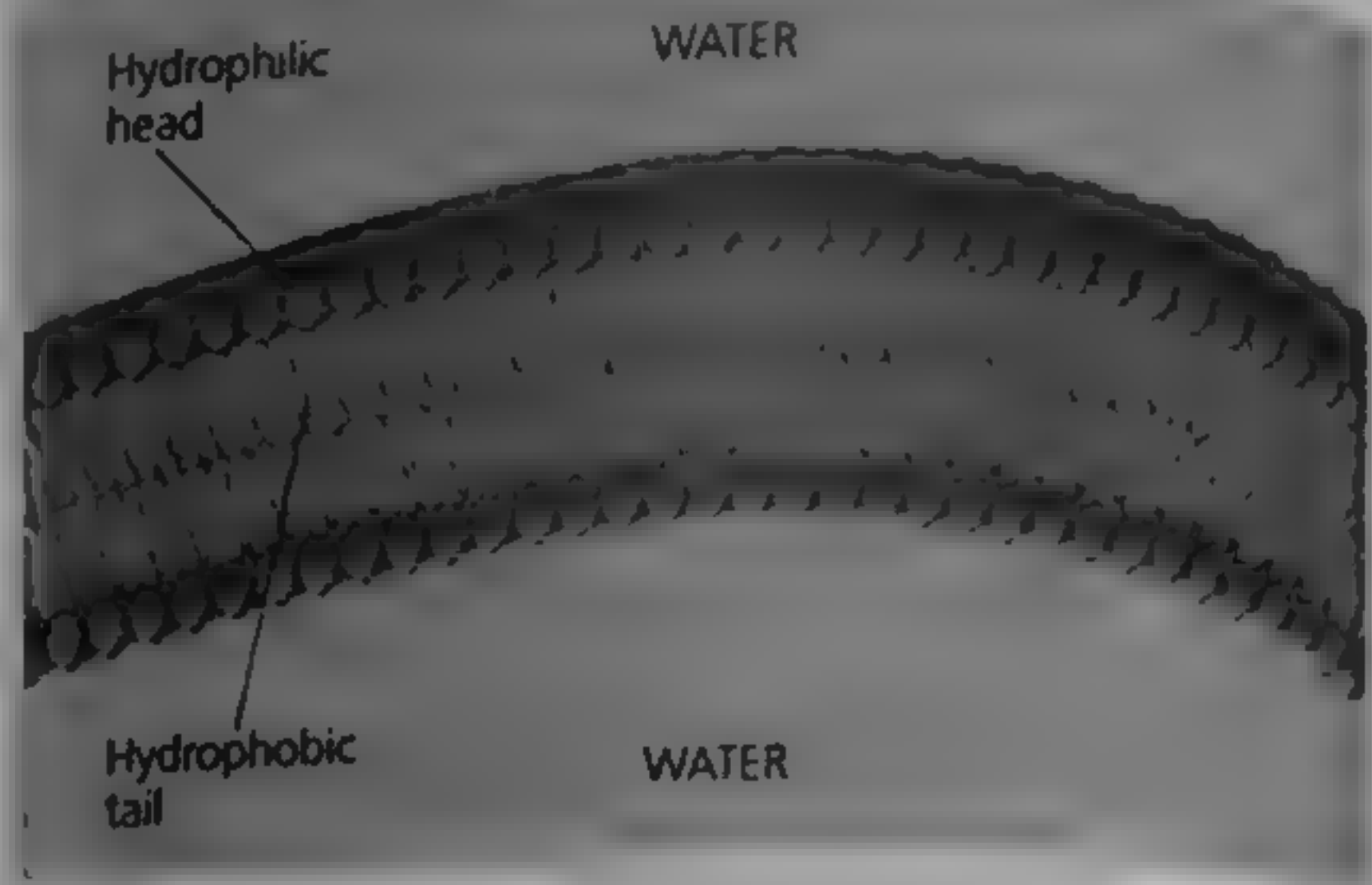
استه غشایی اطراف قطره‌ای از روغن را احاطه کند. اشکال قابل تشکیل احتمالی را توصیف کنید.

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.



▲ شکل ۱۴-۵ کلسترول، نوعی استروئید. کلسترول مولکولی است که از آن استروئیدهای دیگر مانند هورمون‌های جنسی ساخته می‌شوند. استروئیدها در گروه‌های عملکردی چسبیده به چهار حلقه خود با هم اختلاف دارند.

**ارتباط دهید** کلسترول را با هورمون‌های جنسی که در بحث ۲-۴ گفته شده، مقایسه کنید. دورگروه‌های شیمیایی مشترک بین کلسترول و استرادیول دایره بکشید. دورگروه‌های شیمیایی مشترک بین تستوسترون و کلسترول مربع بکشید.



▲ شکل ۱۳-۵ ساختمان دولایه‌ای حاصل از گرد هم آمدن فسفولیپیدها در محیط آبی. دولایه فسفولیپیدی نشان داده شده در اینجا نمونه‌ای از مناهای رستنی است. توجه داشته باشید که سرهای آب‌دوست فسفولیپیدها در تماس با آب هستند در حالی که دنباله‌های آب‌گریز در تماس با یکدیگرند و از آب دور می‌مانند.

## فسفولیپیدها

یک فسفولیپید<sup>۱</sup> (شکل ۱۲-۵) مانند چربی است، با این تفاوت که در آن به جای سه اسید چرب، دو اسید چرب به یک مولکول گلیسرول پیوند شده‌اند. گروه هیدروکسیل سوم گلیسرول به فسفات پیوند شده است که این گروه فسفات باعث ایجاد بار منفی در سطح فسفولیپید می‌گردد. مولکول‌های کوچک دیگر که بیشتر قطبی یا یاردار هستند، با پیوند به گروه فسفات، انواع فسفولیپیدها را می‌سازند.

فسفولیپیدها رفتار دوگانه‌ای را از خود نشان می‌دهند. ذره‌های هیدروکسی آنها آب‌گریز هستند و از آب جدا می‌شوند. اما گروه فسفات و مولکول متصل به آن یک سر آب‌دوست را تشکیل می‌دهند که به آب تمایل دارند. هنگامی که فسفولیپیدها به آب افزوده شوند، به صورت دو لایه‌ای درآمد به گونه‌ای که بخش‌های آب‌گریزشان دور از آب قرار می‌گیرند (شکل ۱۳-۵).

در سطح یک سلول، فسفولیپیدها ساختار دولایه‌ای، مانند شکل بالا را می‌سازند. سرهای آب‌دوست مولکول‌ها در بخش بیرونی دولایه و در تماس با محلول‌های آبی درون و بیرون سلول قرار می‌گیرند. دنباله‌های آب‌گریز به سوی بخش درونی دولایه کشیده شده و دور از مولکول‌های آب قرار می‌گیرند. دولایه فسفولیپیدی، نوعی سد بین سلول و پیرامون آن ایجاد می‌کند؛ در واقع، فسفولیپیدها ترکیبات اصلی سازنده غشاهای سلولی هستند. این رفتار نمونه دیگری از تناسب ساختار با عملکرد در سطح مولکولی را نشان می‌دهد.



## شکل ۱۵-۵ مروری بر اعمال پروتئین‌ها

### پروتئین‌های آنزیمی

عملکردها: تسريع انتخابی واکنش‌های شیمیایی

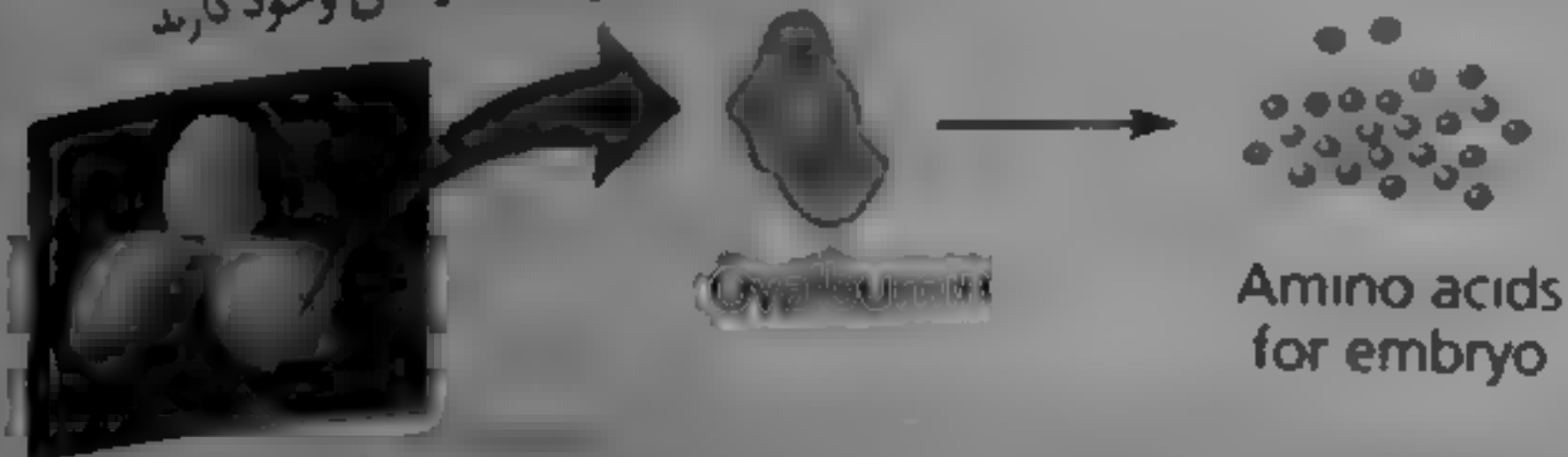
مثال: آنزیم‌های گوارشی، که هیدرولیز پیوندها در مولکول‌های غذا را انجام می‌دهند



### پروتئین‌های انتقال

عملکردها: ذخیره‌سازی آمینواسیدها

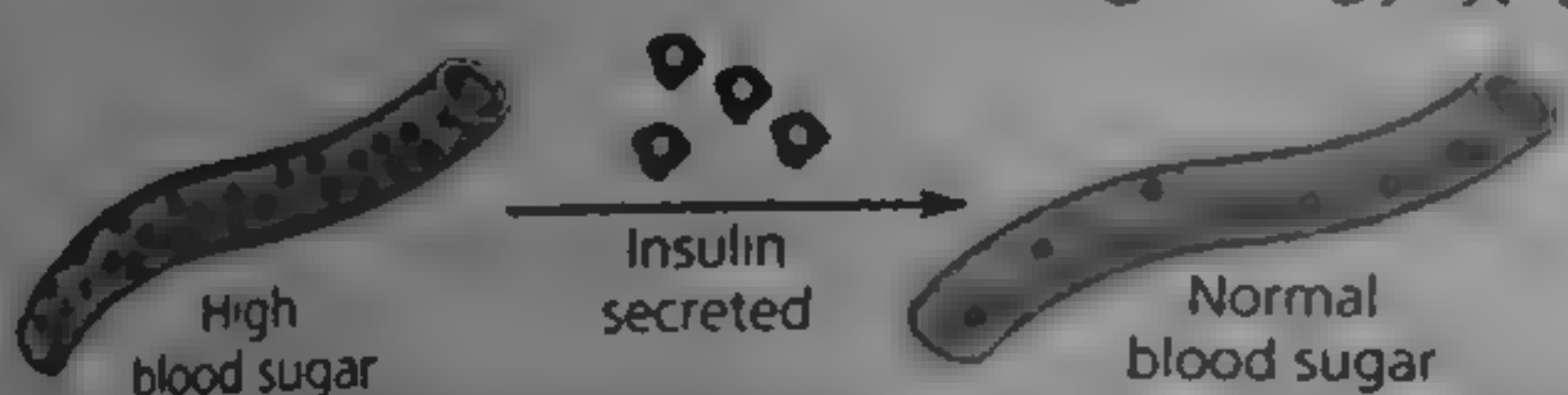
مثال: اوآلبومین، پروتئین سفید زرد تخم مرغ است که به عنوان منبع آمینواسید در نوزادان حیوان استفاده می‌شود. پروتئین شیر، منبع عمده آمینواسید برای نوزادان پستانداران است. پروتئین‌های اندوخته‌ای گیاهان در دانه‌هایشان وجود دارد.



### پروتئین‌های هورمونی

عملکردها: هماهنگ نمودن فعالیت‌های جاندار

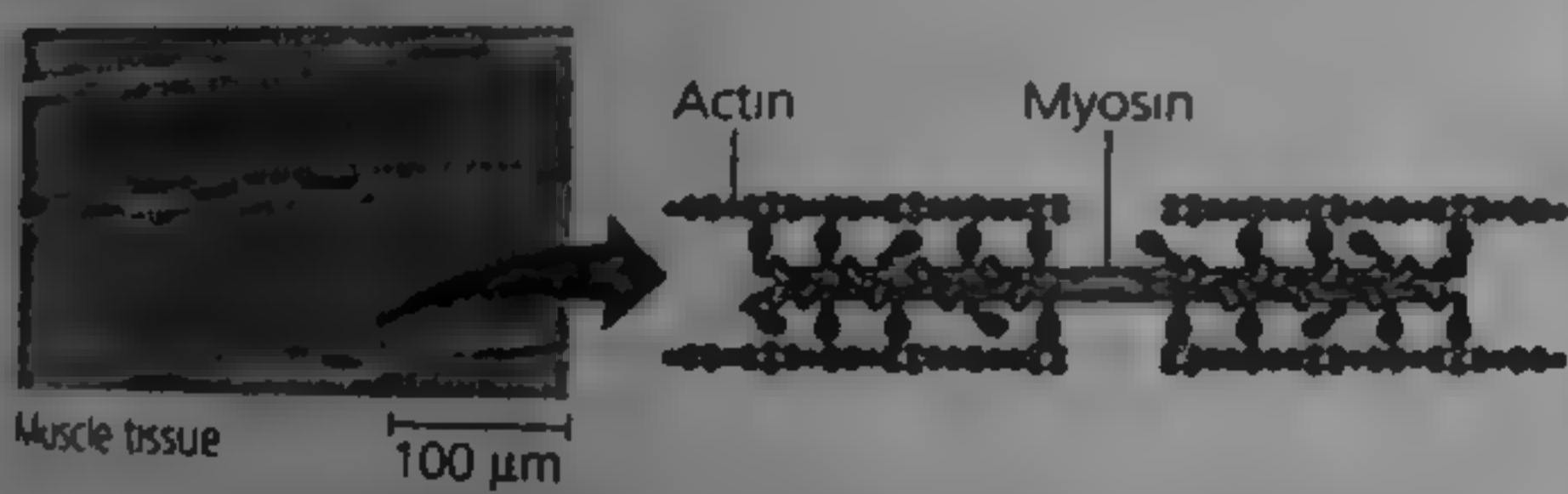
مثال: انسولین، که هورمون ترشحی از لوزالمعده است، به تنظیم غلظت قند خون مهره‌داران کمک می‌کند.



### پروتئین‌های انقباضی و حرکتی

عملکردها: حرکت

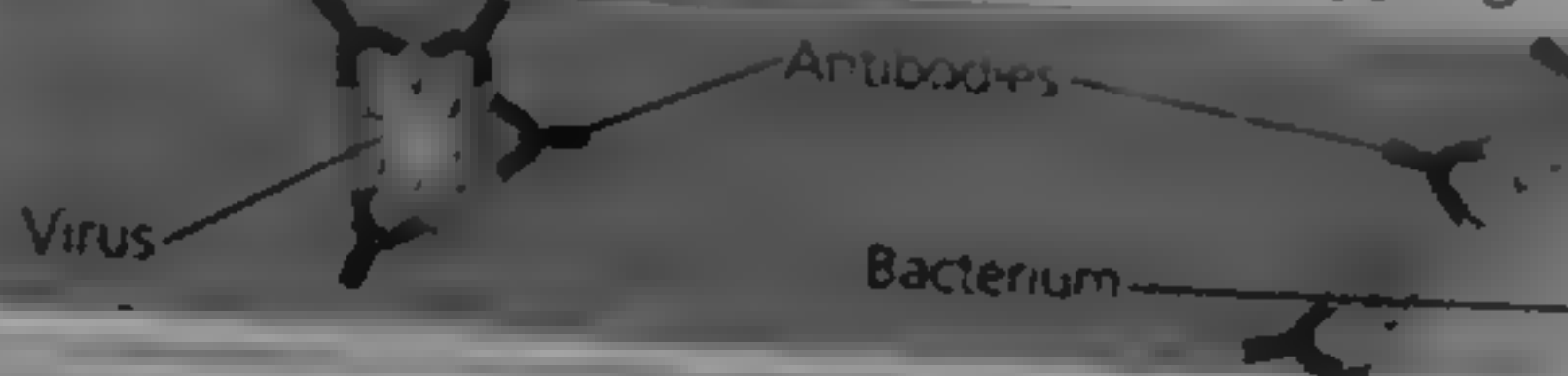
مثال‌ها: اک틴 و میوزین مسئول حرکت ماهیچه‌ها هستند. پروتئین‌های دیگر مسئول موج‌های ایجاد شده در مژک و تازک هستند.



### پروتئین‌های دفاعی

عملکردها: مقابله در برابر بیماری

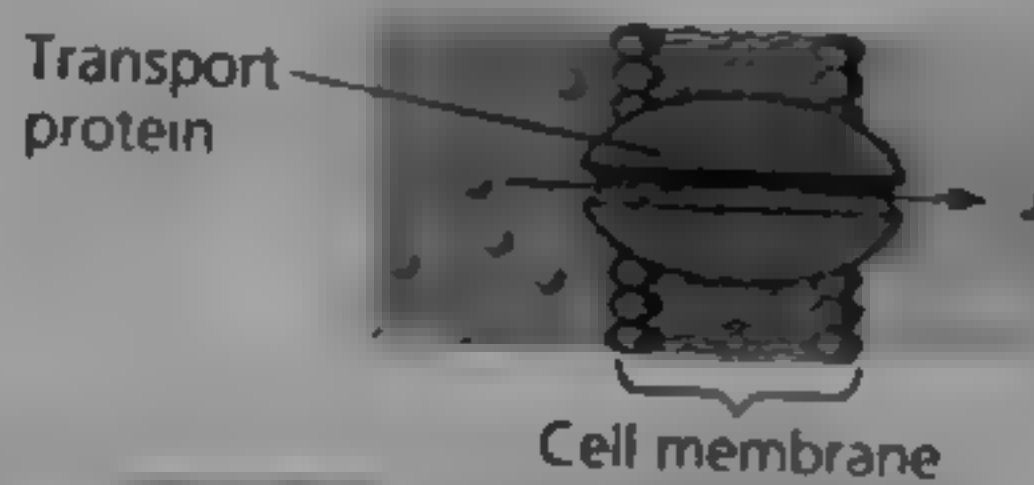
مثال: پادتن‌ها در برابر باکتری‌ها و ویروس‌ها مبارزه می‌کنند



### پروتئین‌های انتقالی

عملکردها: انتقال مواد

مثال‌ها: هموگلوبین، یا همان پروتئین آهن‌دار خون مهره‌داران، اکسیژن را از شش‌ها به بخش‌های دیگر بدن می‌برد. پروتئین‌های دیگر، مولکول‌ها را از میان غشاهای سلولی عبور می‌دهند.



### پروتئین‌های گیرنده

عملکردها: پاسخ سلول به محرک‌های شیمیایی

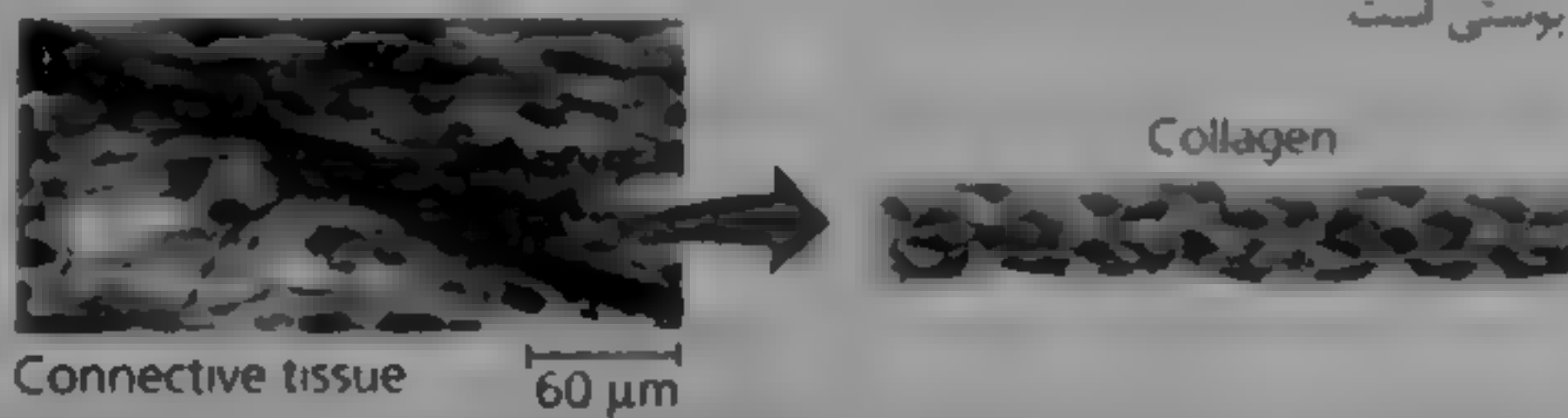
مثال: گیرنده‌های موجود در غشای سلول عصبی، پیام‌های شیمیایی آراده شده توسط سلول‌های عصبی دیگر را شناسایی می‌کنند.



### پروتئین‌های ساختمانی

عملکردها: نگهداری و حفاظت سلولی

مثال‌ها: حشرات و منکوت‌ها از رشته‌های ابریشم برای ساختن پيله و تارها استفاده می‌کنند. کلاژن و الاستین یک شبکه رشته‌ای را در بافت‌های همبند (پهوبدی) جانوران ایجاد می‌کنند. گراتین، پروتئین مو، چرم، شاخ و زواید پوستی است.



## ۵-۴ پروتئین‌ها دارای ساختارهای متعددی هستند که

### منجر به عملکردهای متنوع آنها می‌شود

اهمیت پروتئین‌ها از نام‌شان پیداست که از کلمه یونانی *Proteios* به معنی «جایگاه اول» آمده است. پروتئین‌ها بیش از ۵۰٪ وزن خشک بیشتر سلول‌ها را می‌سازند و در هر فرایندی که جانداران انجام می‌دهند، کاربرد و نقش مؤثر دارند. برخی پروتئین‌ها، به واکنش‌های شیمیایی سرعت می‌دهند، درحالی‌که برخی دیگر در استحکام ساختاری، ذخیره جابه‌جایی، ارتباطات سلولی، حرکت و دفاع در برابر مواد خارجی نقش دارند. شکل ۱۵-۵ مثال‌هایی از پروتئین‌هایی با این عملکردها را نشان می‌دهد، که شما در

فصل‌های بعدی در مورد آنها بیشتر خواهید آموخت. مهم‌ترین گروه پروتئین‌ها، آنزیم‌ها<sup>۱</sup> هستند. پروتئین‌های آنزیمی با سرعت دادن به واکنش‌ها به عنوان کاتالیزگر<sup>۲</sup>، متابولیسم را تنظیم می‌کنند. کاتالیزکننده‌ها، عوامل شیمیایی هستند که به‌طور انتخابی، واکنش‌های شیمیایی سلولی را سرعت می‌دهند بدون اینکه در واکنش مصرف شوند. چون یک آنزیم کار خود را بارها و بارها تکرار می‌کند بنابراین از عوامل پرکار سلولی به‌شمار می‌آیند که فرایندهای حیات را انجام می‌دهند.

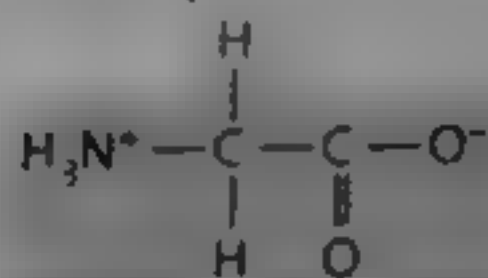


## بیشترین نوع آمینواسید پروتئین‌ها

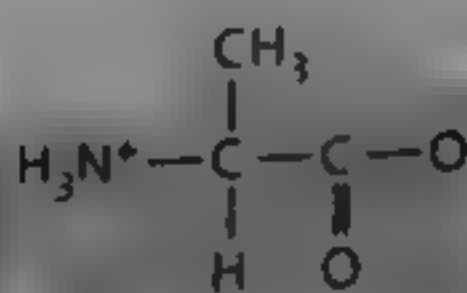
بیشترین نوع آمینواسید پروتئین‌ها ۲۰ نوع است. در pH ۷.۲ (در pH ۷.۲ درون سلول) و به شکل باردار نشان داده شده‌اند. سه حرف، نشان دهنده علامت

### Nonpolar side chains; hydrophobic

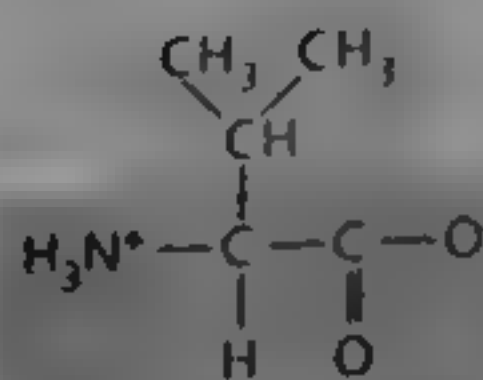
Side chain  
(R group)



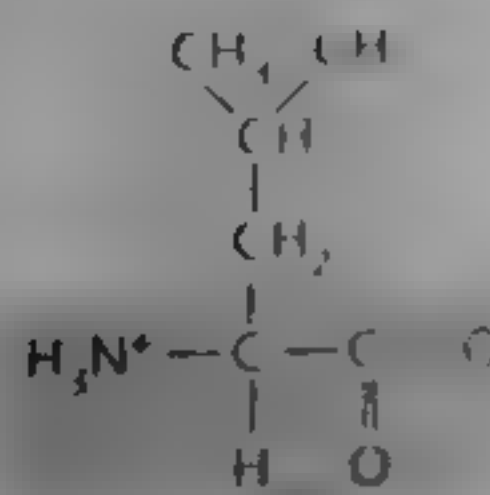
Glycine  
(Gly or G)



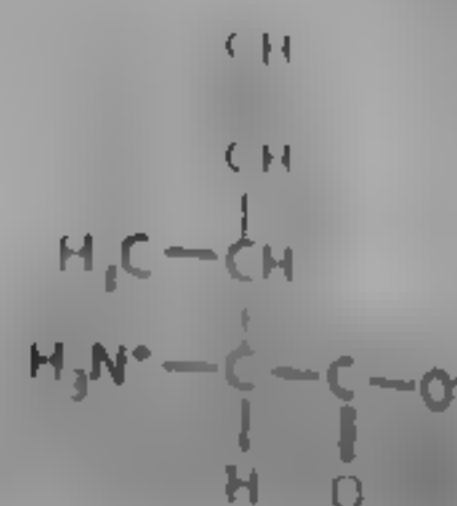
Alanine  
(Ala or A)



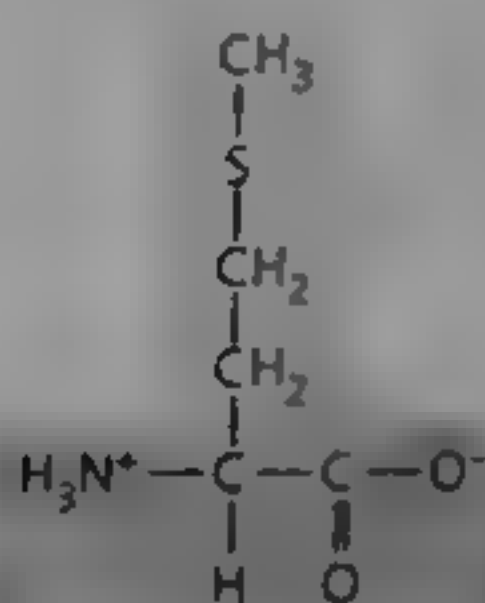
Valine  
(Val or V)



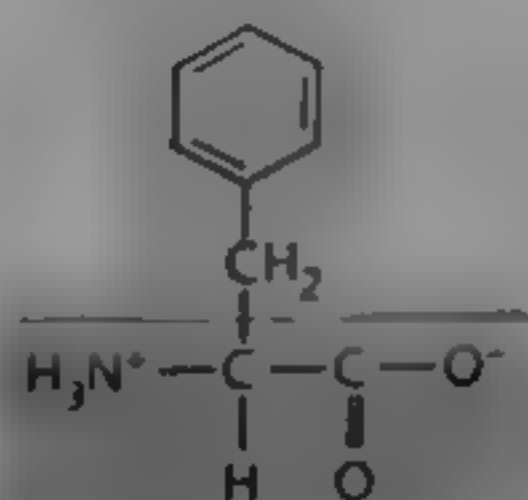
Leucine  
(Leu or L)



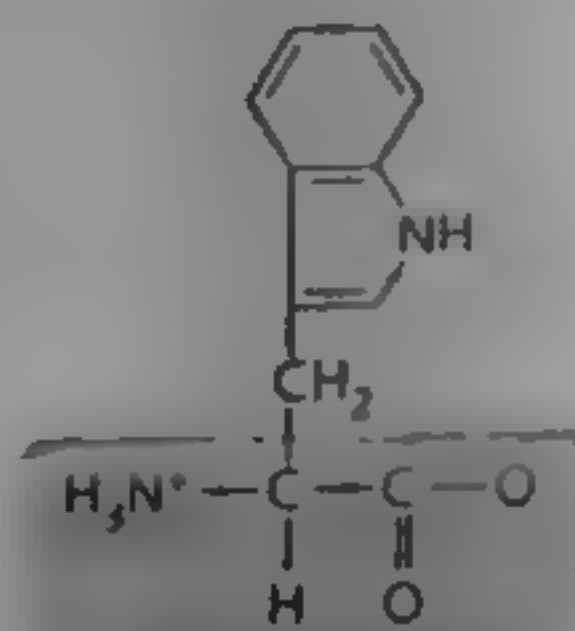
Isoleucine  
(Ile or I)



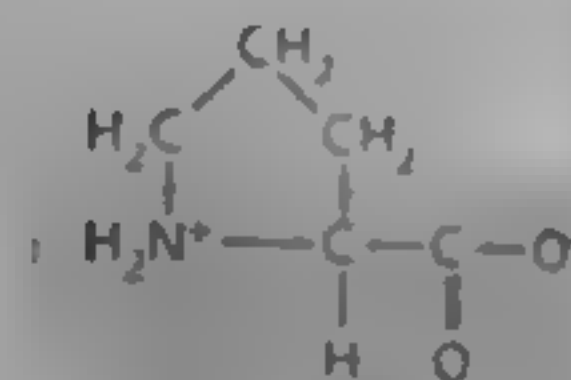
Methionine  
(Met or M)



Phenylalanine  
(Phe or F)

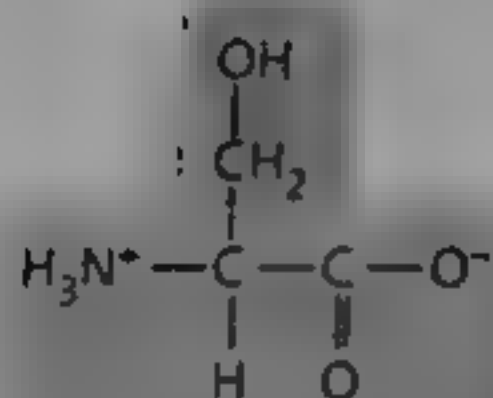


Tryptophan  
(Trp or W)

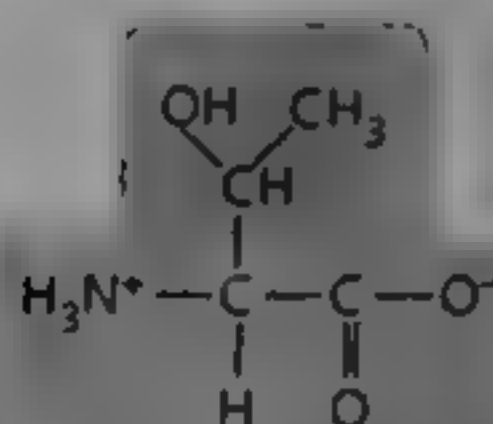


Proline  
(Pro or P)

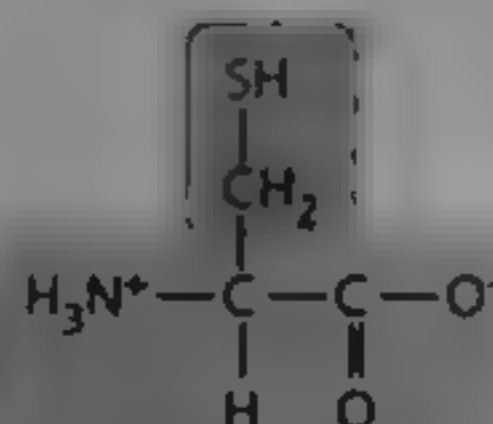
### Polar side chains; hydrophilic



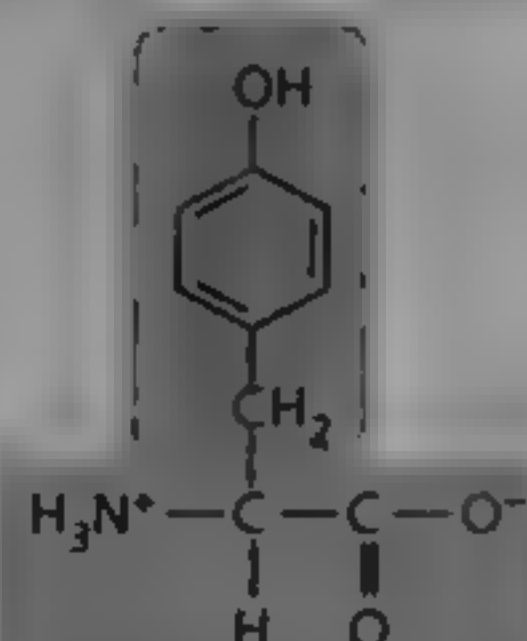
Serine  
(Ser or S)



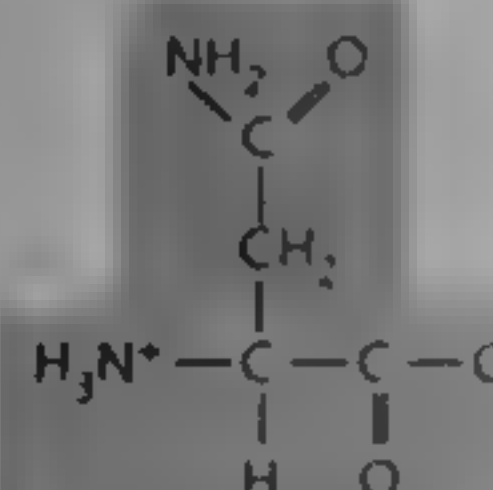
Threonine  
(Thr or T)



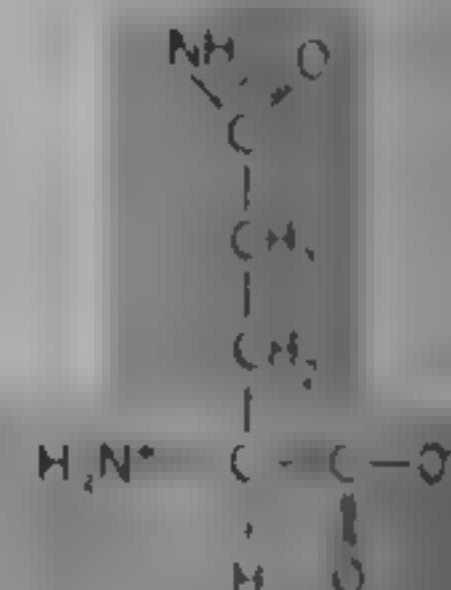
Cysteine  
(Cys or C)



Tyrosine  
(Tyr or Y)



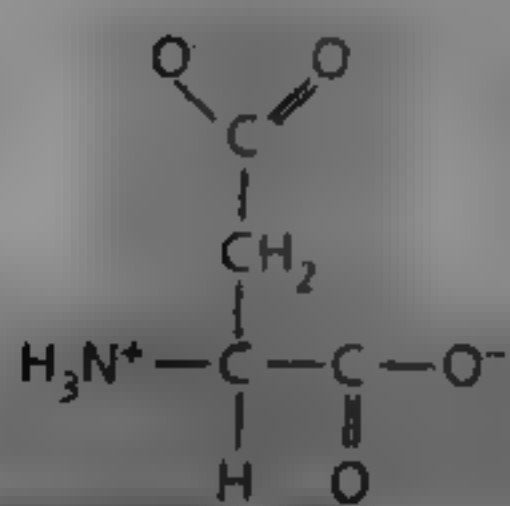
Asparagine  
(Asn or N)



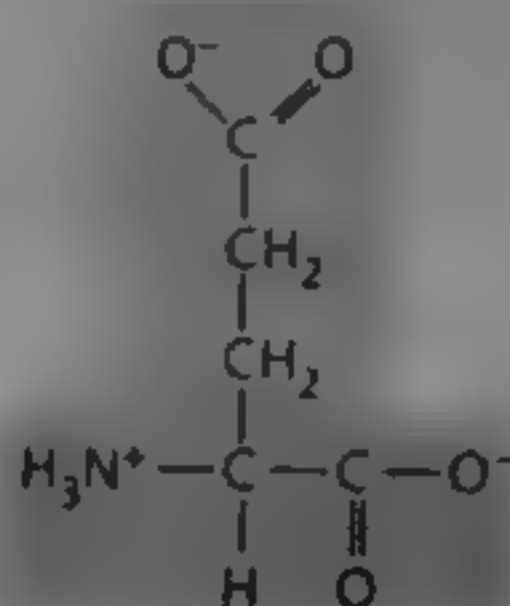
Glutamine  
(Gln or Q)

### Electrically charged side chains; hydrophilic

#### Acidic (negatively charged)

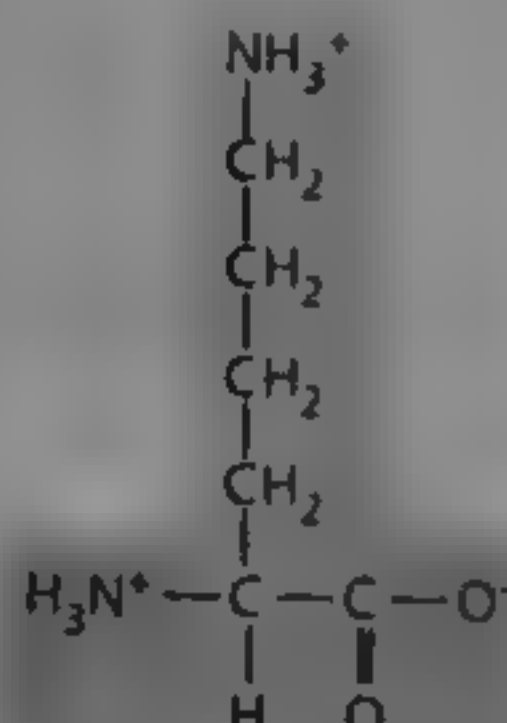


Aspartic acid  
(Asp or D)

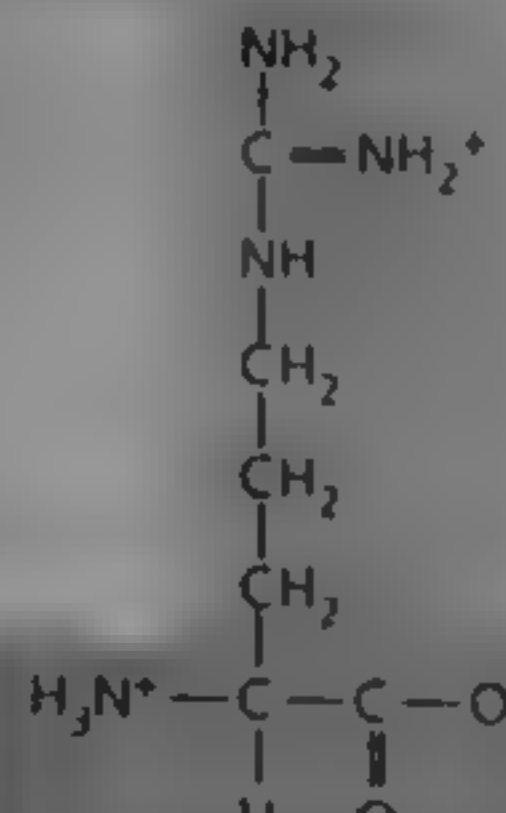


Glutamic acid  
(Glu or E)

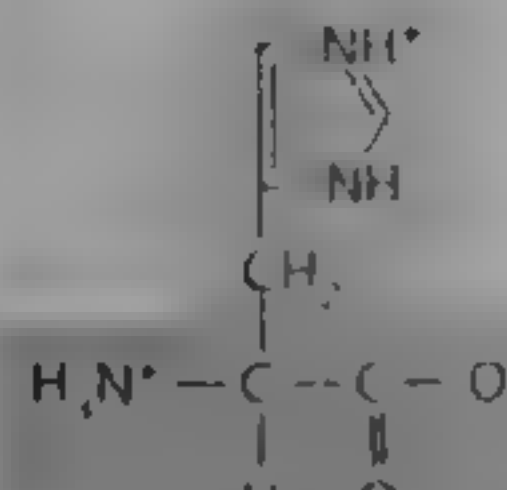
#### Basic (positively charged)



Lysine  
(Lys or K)



Arginine  
(Arg or R)



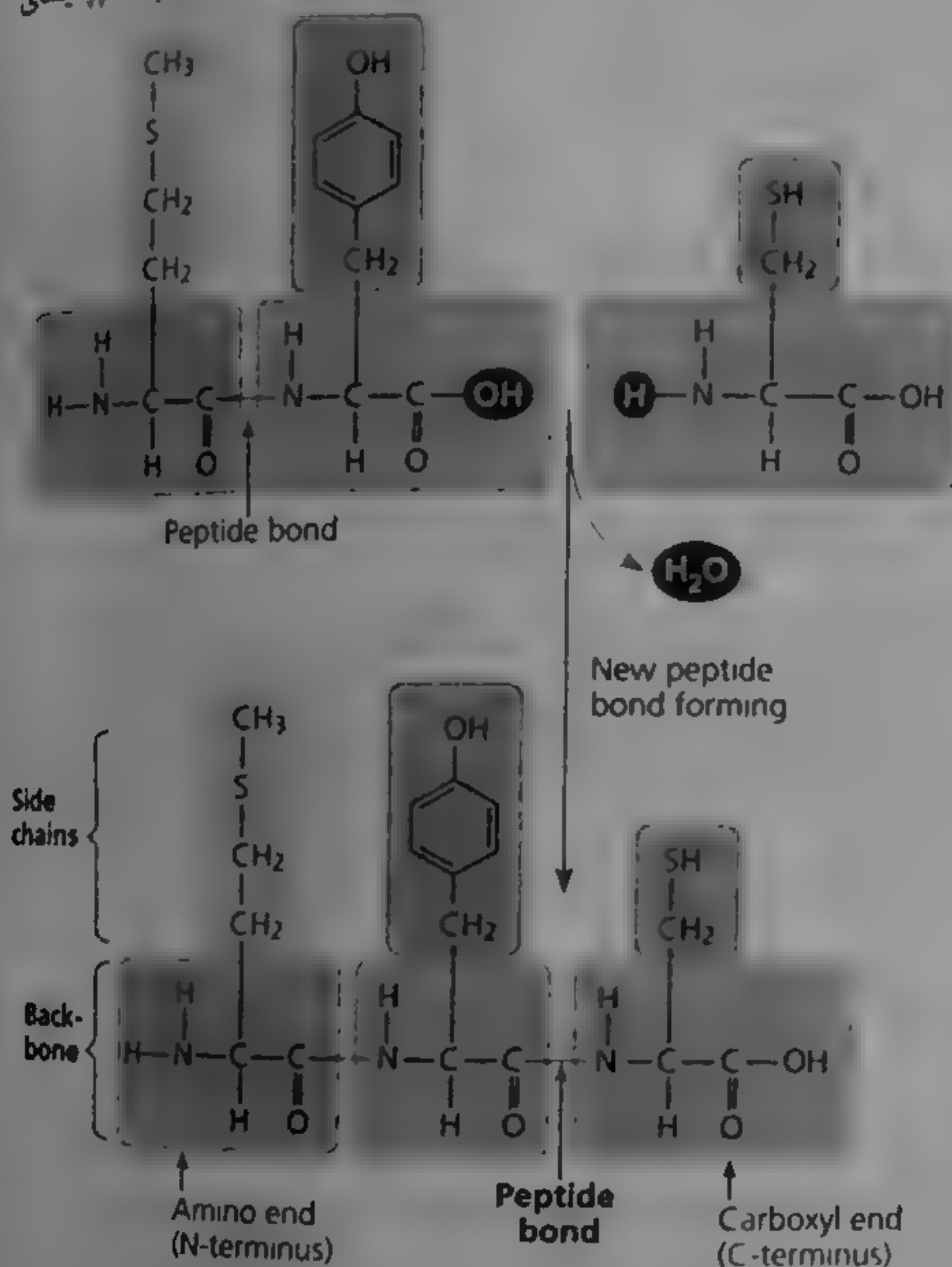
Histidine  
(His or H)



گروه کربوکسیل دارای بار منفی هستند چون در pH سلولی به شکل یونیزه می باشند. آمینواسیدهای بازی در زنجیره جانبی، گروه های آمین دارند و دارای بار مثبت هستند (توجه داشته باشید که همه آمینواسیدها دارای گروه کربوکسیل و گروه آمین هستند و طبقه بندی اسیدی و بازی در این متن فقط به گروه های موجود در زنجیره های جانبی اشاره دارد). آمینواسیدهای با زنجیره جانبی باردار اسیدی و بازی همگی آب دوست هستند.

### پلی مرهای آمینواسیدی

حال که آمینواسیدها را بررسی کردیم، ببینیم چگونه این آمینواسیدها به هم می پیوندند (شکل ۱۷-۵). هنگامی که دو آمینواسید در کنار هم قرار می گیرند، گروه کربوکسیل یکی در کنار گروه آمین دیگری قرار گرفته و توسط واکنش آب دهی به هم متصل می شوند که در این واکنش یک مولکول آب آزاد می شود. پیوند کووالانسی حاصل را پیوند پپتیدی می نامند. این واکنش تا آنجا تکرار می شود که پلی مری از آمینواسیدها با پیوند پپتیدی



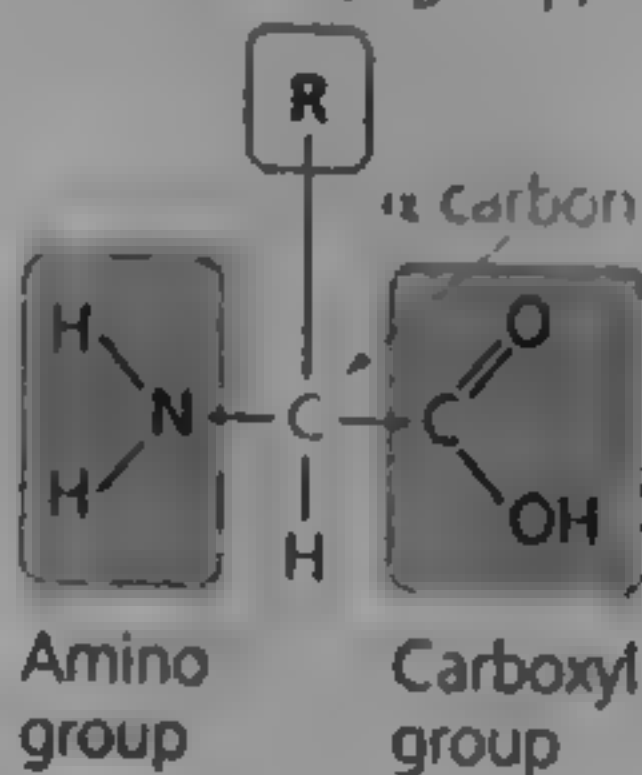
▲ شکل ۱۷-۵ ساخت یک زنجیره پلی پپتیدی. پیوندهای پپتیدی با واکنش های آب دهی ایجاد می گردند که در آن یک گروه کربوکسیل از یک آمینواسید به گروه آمین آمینواسید بعدی می پیوندد. پیوندهای پپتیدی از بخش انتهای آمینی (N) تشکیل می گردند. پلی پپتید دارای اسکلت تکراری (بخش ارعوانی) است که زنجیره های جانبی (زرد و سبز) به آن چسبیده اند.

یک انسان ده ها هزار پروتئین گوناگون دارد که هر کدام ساختار و عملکرد ویژه ای دارند. در واقع پروتئین ها مولکول هایی هستند که از لحاظ ساختاری بسیار ظریف و پیچیده اند. هماهنگی با کارهای گوناگون، پروتئین ها از لحاظ ساختاری نیز بسیار گوناگون اند به گونه ای که هر پروتئین ساختار سه بعدی و شکل فضایی مخصوص به خود را دارد.

### پلی پپتیدها

با وجود گوناگونی پروتئین ها، آنها پلی مرهایی متشکل از ۲۰ نوع آمینواسید می باشند. پلی مرهای آمینواسید را پلی پپتید می نامند. یک پروتئین از یک یا چند پلی پپتید تاخورد و پیچ خورده با شکل های فضایی ویژه ایجاد می شود.

### مونومرهای آمینواسیدی



آمینواسیدها مولکول هایی آلی هستند که دارای گروه های کربوکسیل و آمین می باشند (فصل ۴ را ببینید). ساختار آمینواسید در شکل روبه رو به نمایش درآمده است. در وسط آمینواسید، کربن نامتقارنی به نام کربن  $\alpha$  وجود دارد.

به کربن  $\alpha$  چهار گروه مختلف، از جمله یک گروه آمین، یک گروه کربوکسیل، یک اتم هیدروژن و یک گروه متغیر که با علامت R نشان داده شده پیوند می شود. گروه R را زنجیره جانبی نیز می نامند که بر حسب نوع آمینواسید متفاوت است.

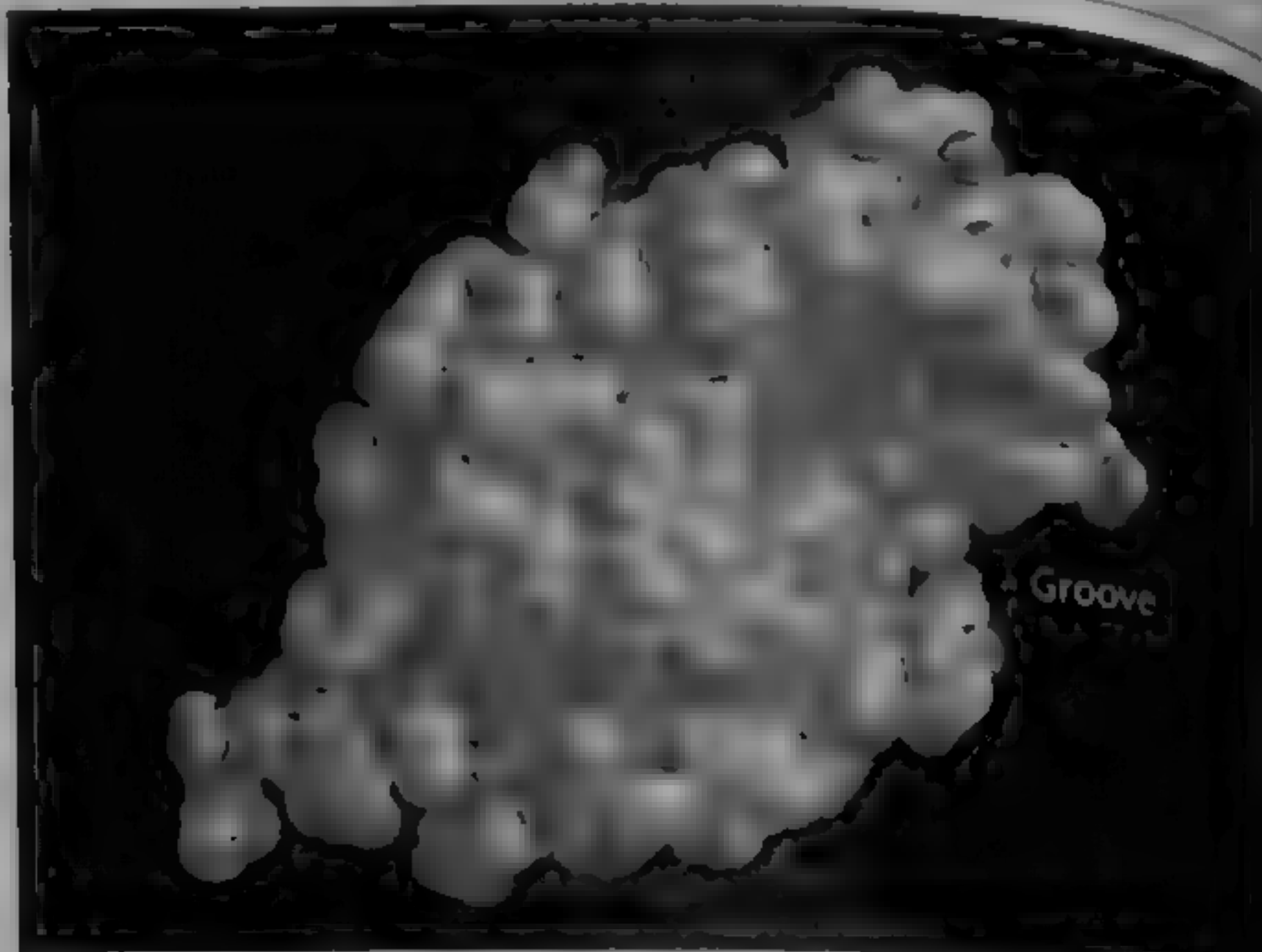
شکل ۱۶-۵، ۲۰ نوع آمینواسید را نشان می دهد که سلول از آن برای ساختن هزاران پروتئین استفاده می کند. در اینجا گروه های کربوکسیل و آمین به شکل یونیزه نشان داده شده اند، شکلی که در pH سلولی وجود دارد. گروه R می تواند به سادگی یک اتم هیدروژن در آمینواسید گلیسین باشد (تنها آمینواسیدی که کربن نامتقارن ندارد و در دو جایگاه در کنار کربن  $\alpha$  اتم های هیدروژن پیوند دارند) یا می تواند یک اسکلت کربنی باشد که گروه های گوناگون عملکردی با آن پیوند دارند، مانند گلوتامین.

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی زنجیره جانبی، خصوصیات منحصر به فرد یک آمینواسید را تعیین می کند. در شکل ۱۶-۵، آمینواسیدها بر پایه ویژگی های زنجیره جانبی گروه بندی شده اند. یک گروه شامل آمینواسیدهای دارای زنجیره جانبی غیرقطبی می باشند که آب گریز هستند. گروه دیگر شامل آمینواسیدهای دارای زنجیره های جانبی قطبی می باشند که آب دوست می باشند. آمینواسیدهای اسیدی در زنجیره جانبی شان به دلیل حضور یک





▲ شکل ۱۸ مدل فضایی یک کمر موجود در ساختار پروتئین‌ها را نشان می‌دهد در اینجا احتمال فضایی لزوریم نشان داده شده است.



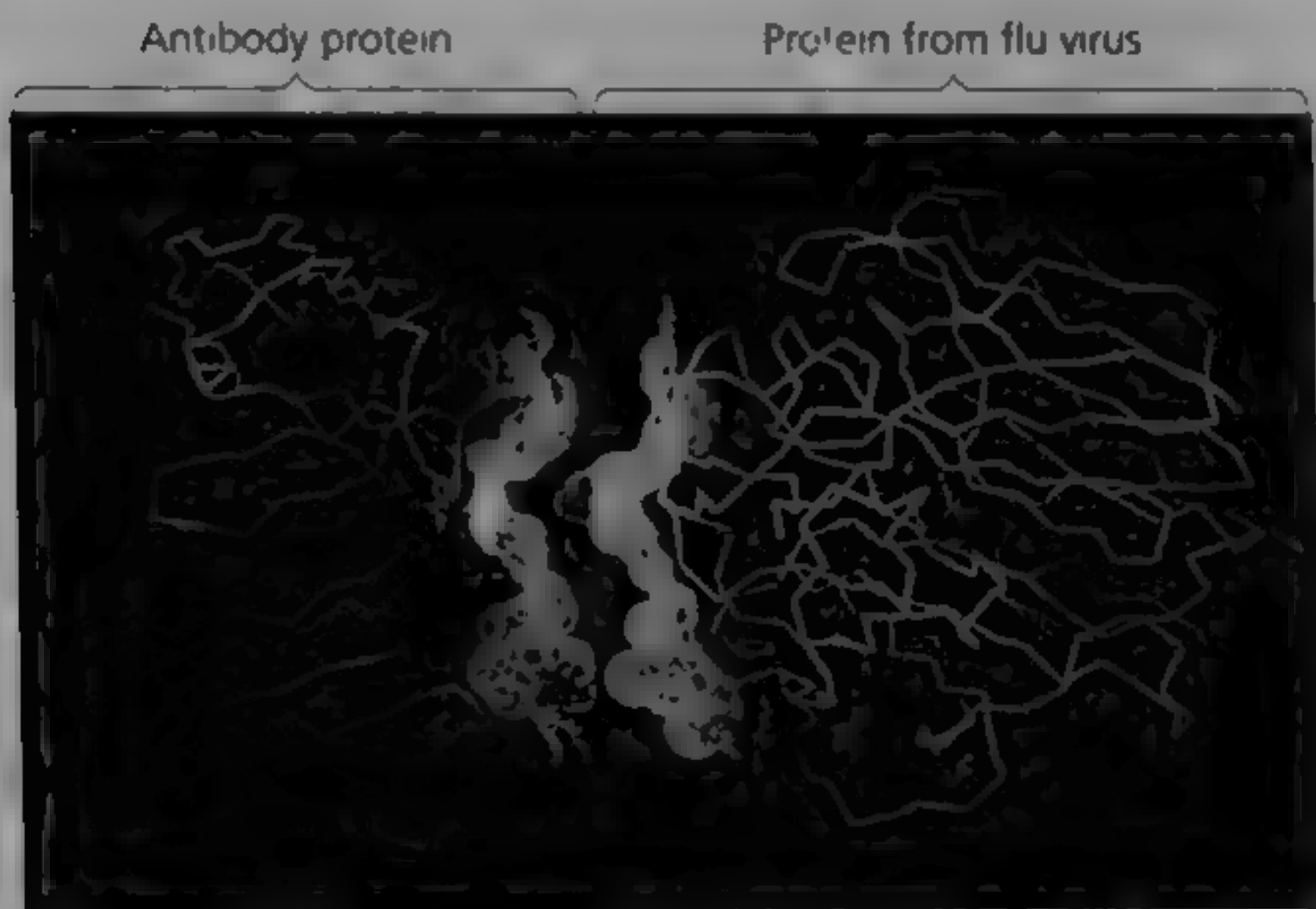
▲ شکل ۱۸-۵ ساختمان فضایی پروتئین لزوریم. لزوریم موجود در اسک، عرق و برای اتصال به مولکول‌های سطحی خاصی در بسیاری از انواع باکتری‌ها و بحریب‌ها، جدا نمودن می‌کند. بخشی از پروتئین است که به مولکول‌های هدف، در دیواره باکتری‌ها می‌چسبد.

نشان داده و پلی‌پپتید بسازد. در یک انتهای زنجیره پلی‌پپتیدی، یک گروه آمینو آزاد و در انتهای دیگر آن، یک گروه کربوکسیل آزاد قرار دارد. ساراس، زنجیره دارای یک انتهای آمینو (انتهای N) و یک انتهای کربوکسیل (انتهای C) می‌باشد.

به توالی تکرار شونده اتم‌ها به رنگ ارغوانی در شکل ۱۷-۵ اسکلت پلی‌پپتیدی می‌گویند. زنجیره‌های خاصی گوناگونی بر روی هر کدام از این آمینواسیدها وجود دارد. یک پلی‌پپتید می‌تواند دارای تعداد کمی مونومر باشد و یا بیش از هزاران مونومر داشته باشد. هر پلی‌پپتید دارای توالی خطی ویژه‌ای از آمینواسیدها است. گوناگونی فراوان پلی‌پپتیدها در طبیعت اهمیت مفهوم ارائه شده پیشین را بهتر مشخص می‌کند که سلول‌ها می‌توانند پلی‌مرهای گوناگونی با سبدهای انواع اندکی از مونومرها بسازند.

#### ساختار فضایی و عملکرد پروتئین‌ها

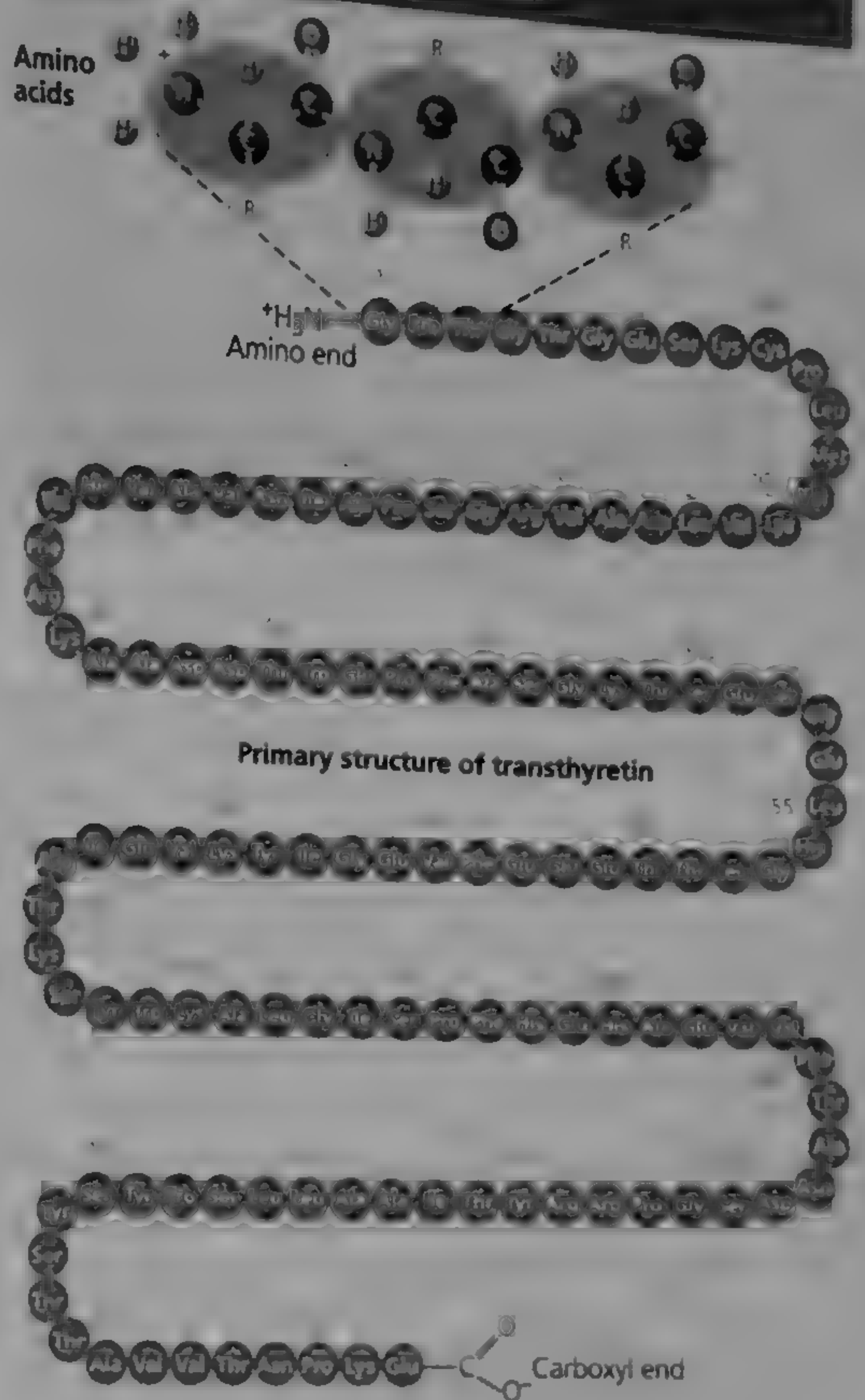
عملکردهای اختصاصی پروتئین‌ها نتیجه معماری و ساختمان سه‌بعدی پیچیده آنهاست که در ساده‌ترین سطح به توالی آمینواسیدی آنها مربوط می‌شود. فردریک سنگر و همکارانش در دانشگاه کمبریج انگلستان، پیشگام تعیین توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها بودند که در اواخر دهه ۱۹۴۰ و اوایل دهه ۱۹۵۰ بر روی هورمون انسولین کار کردند. او از موادی استفاده کرد که پلی‌پپتیدها را در محل‌های خاصی می‌شکنند و سپس از روش‌های شیمیایی ویژه‌ای برای تعیین توالی آمینواسیدی این قطعات کوچک‌تر استفاده کرد. سنگر و همکارانش، پس از سال‌ها تلاش، موفق به توالی‌یابی کامل انسولین شدند. از آن پس، اغلب مراحل تعیین توالی پلی‌پپتیدها به صورت ماشینی انجام می‌شود.



▲ شکل ۱۹-۵ یک پادتن به پروتئینی از ویروس آنفلوآنزا متصل شده است. روشی که به کریستالوگرافی اشعه X معروف است، برای ایجاد یک مدل کامپیوتری از یک پروتئین پادتن (آبی و نارنجی، چپ) متصل به پروتئین ویروس آنفلوآنزا (سبز و زرد - راست) استفاده شده است. سپس برای حل‌سازی تصاویر از یکدیگر، یا هدف آشکارسازی سطوح مکمل بین دو پروتئین، از نرم‌افزار کامپیوتری خاصی استفاده شده است.



## ساختار اول



ساختار اول یک پروتئین، توالی (آرایش) آمینواسیدهای آن است. برای مثال، پروتئین کروی ترانس‌تایرین<sup>۱</sup> را در نظر بگیرید که در خون کار انتقال ویتامین A و یک هورمون تیروئیدی خاص را به سرتاسر بدن انجام می‌دهد. مجموع چهار زنجیره پلی‌پپتیدی یکسان آن در کنار یکدیگر پروتئین ترانس‌تایرین را ایجاد نموده‌اند که دارای ۱۲۷ آمینوسید است. در این جا یکی از این زنجیره‌ها برای بررسی بهتر ساختمان اول آن نشان داده شده است. هر کدام از آمینواسیدهای بیست‌تایی با سه حرف اختصاری نشان داده شده‌اند، که در ۱۲۷ جایگاه در طول زنجیره قرار گرفته‌اند.

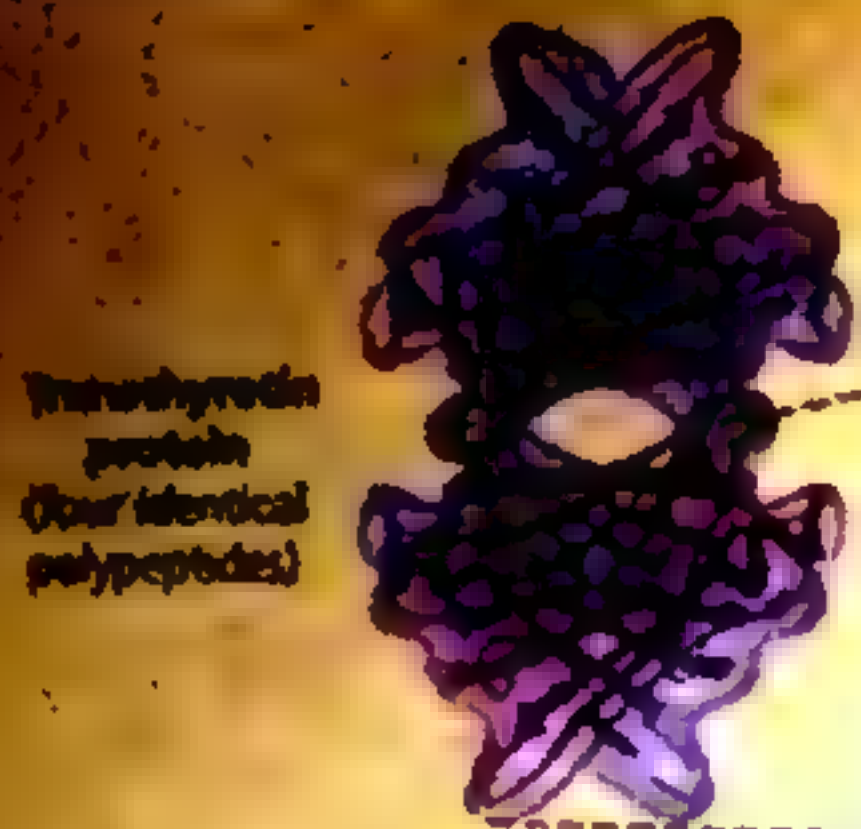
ساختمان اول همانند دسته‌ای از حروف می‌باشد که در یک واژه بسیار بلند جای گرفته‌اند. این آمینواسیدها می‌توانند از  $20^{127}$  راه گوناگون، زنجیره پلی‌پپتیدی را بسازند. اما ساختمان اول و دقیق یک پروتئین از اتصال نامنظم آمینواسیدها ایجاد نمی‌شود بلکه آرایش آن از روی اطلاعات ژنتیکی تعیین می‌گردد.

عنکبوت‌ها رشته‌های ابریشمی را ترشح می‌کنند که از یک پروتئین ساختاری حاوی صفحات چین‌خورده  $\beta$  تشکیل شده‌اند.



## ساختار سوم

## ساختار چهارم

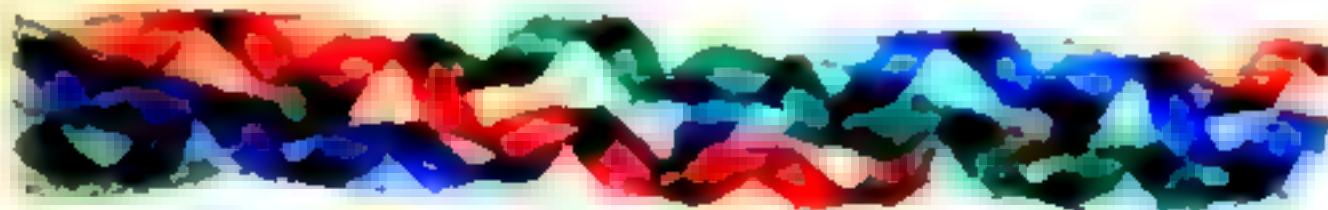


Transthyretin polypeptide

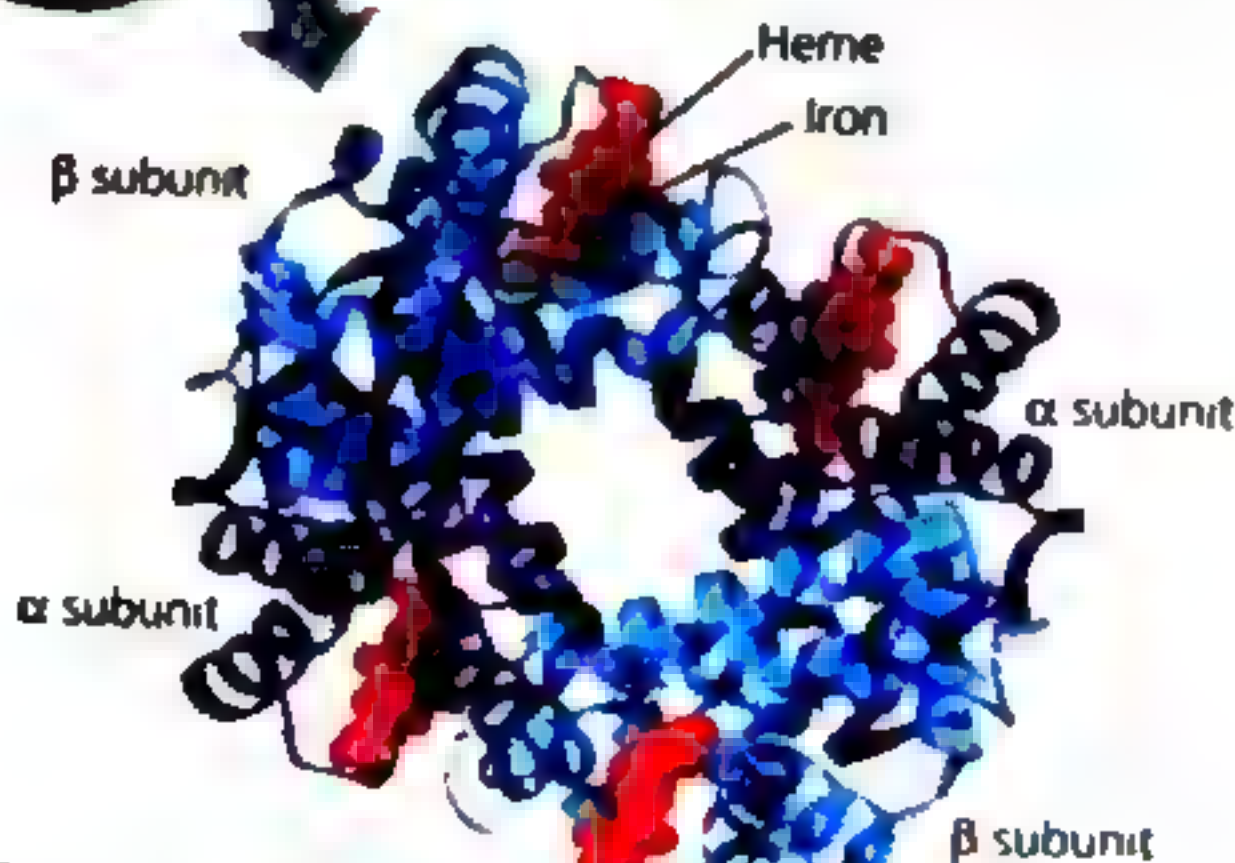


سیستین دیگر پیوند می‌شود و پل دی‌سولفید (S-S) بخشی از پروتئین را به هم پیوند می‌دهد. همچنان که در پایین در بخشی کوچک از پروتئینی فرضی دیده می‌شود همه این پیوندهای گوناگون می‌توانند در یک پروتئین دیده شوند. برخی پروتئین‌ها دارای دو یا چند زنجیره پلی‌پپتیدی هستند که به صورت یک درشت‌مولکول در کنار هم قرار می‌گیرند. ساختار چهارم، ساختمان کلی پروتئین می‌باشد که حاصل تجمع ریزواحدهای این پروتئین در کنار یکدیگر است. برای مثال، شکل نشان داده شده در بالا، یک پروتئین کامل گروی ترانس‌تیرین را نشان می‌دهد که چهار زنجیره پلی‌پپتیدی دارد. نمونه دیگر، کلاژن است که در زیر نشان داده شده است و یک پروتئین رشته‌ای با زیرواحدهای مارپیچی می‌باشد. این ریزواحدها به دور هم پیچیده شده‌اند و یک مارپیچ سه‌گانه را ایجاد کرده‌اند که استحکام زیادی در پروتئین ایجاد می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود که رشته‌های کلاژن در بافت همسند (پوستی) پوست استحکام، انعطاف‌ناپذیری، معاصر و دیگر بخش‌های بدن قرار بگیرند (کلاژن حدود ۴۰٪ کل پروتئین در بدن انسان را می‌سازد).

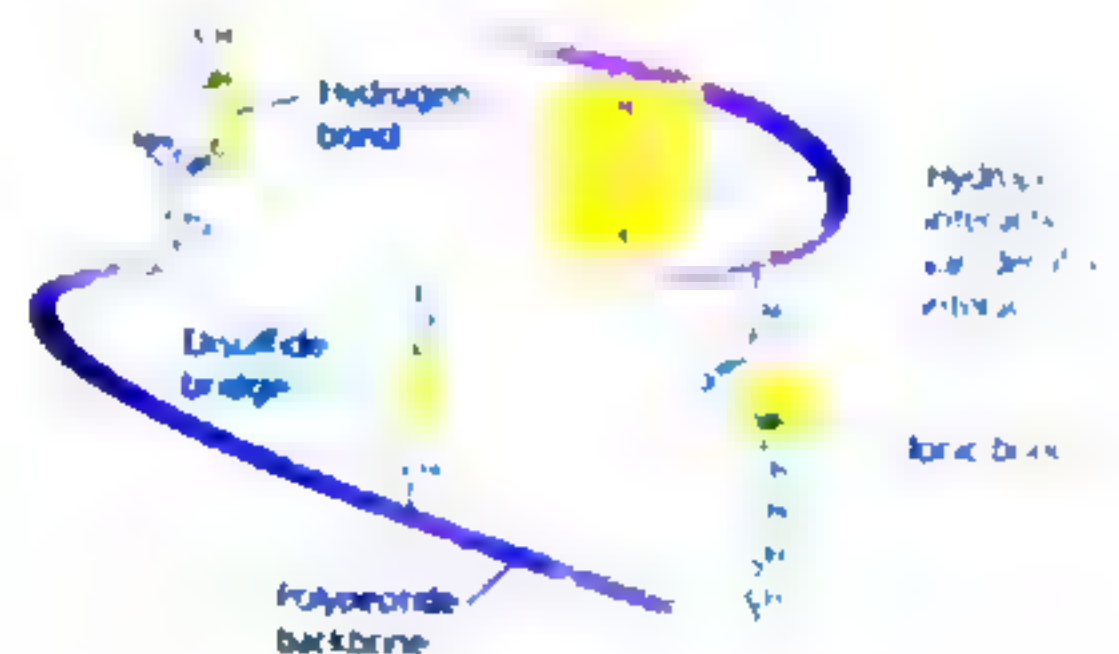
Collagen



هموگلوبین، پروتئین انتقال‌دهنده اکسیژن در گلبول‌های قرمز خون، که در شکل زیر نشان داده شده، نمونه دیگری از یک پروتئین گروی با ساختار چهارم است. این پروتئین دارای چهار زیرواحد پلی‌پپتیدی، یعنی دو زیرواحد آلفا و دو زیرواحد بتا می‌باشد. ریزواحدهای  $\alpha$  و  $\beta$  ساختار دوم مارپیچ آلفا دارند. هر ریزواحد دارای یک بخش غیرپلی‌پپتیدی به نام هم است که یک اتم آهن در آن وجود دارد که به اکسیژن می‌چسبد.




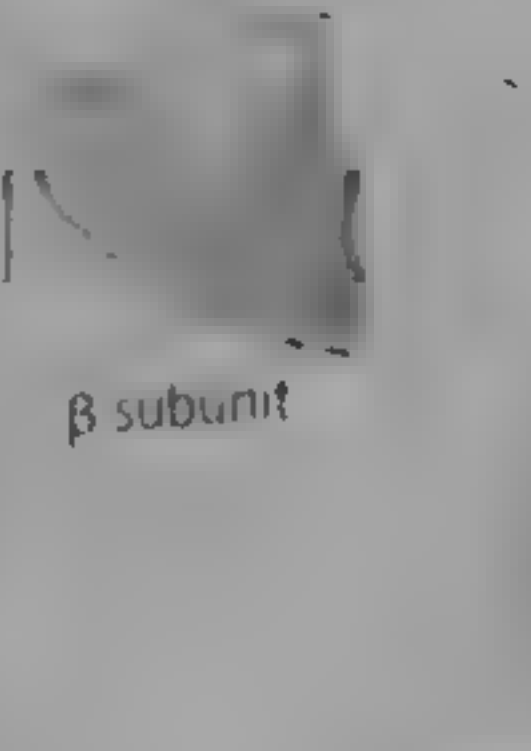
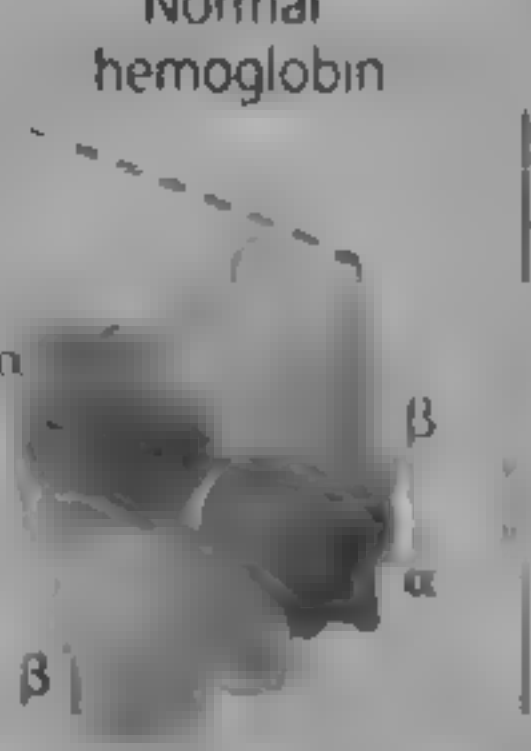
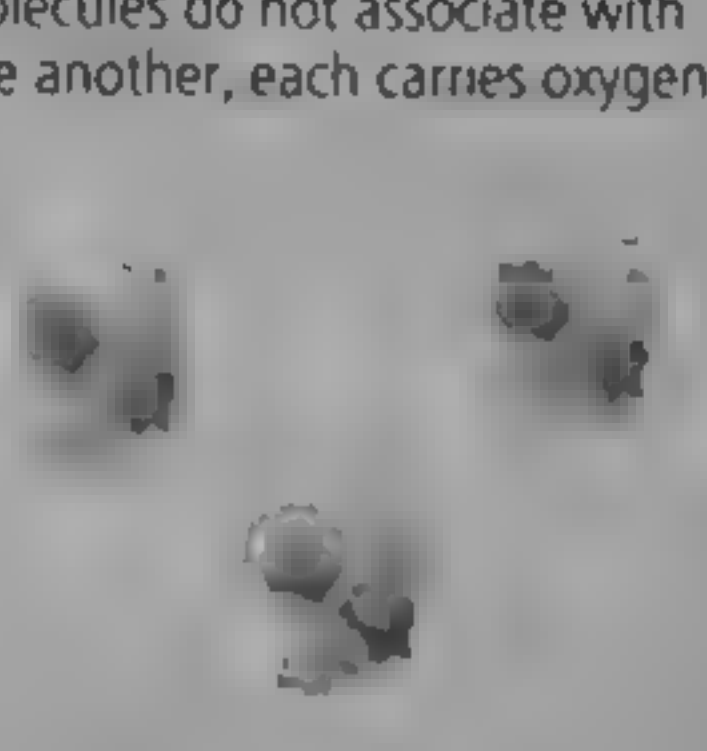
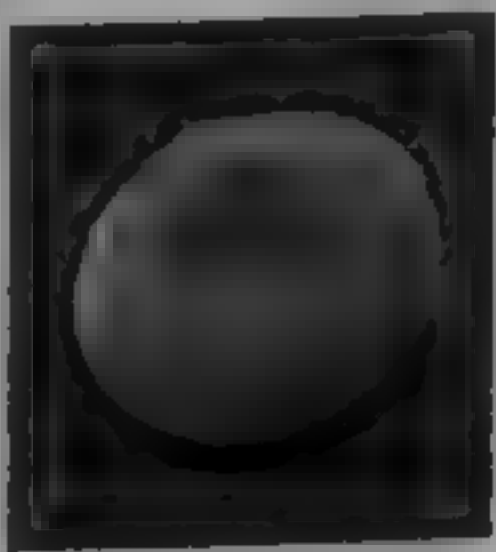

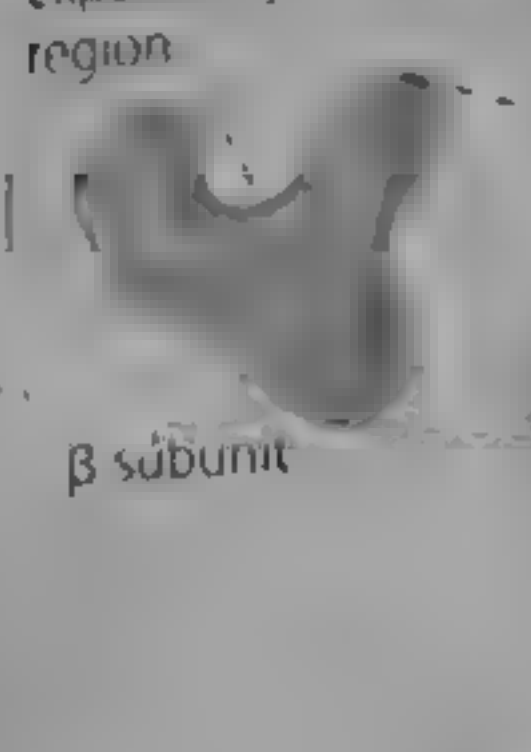
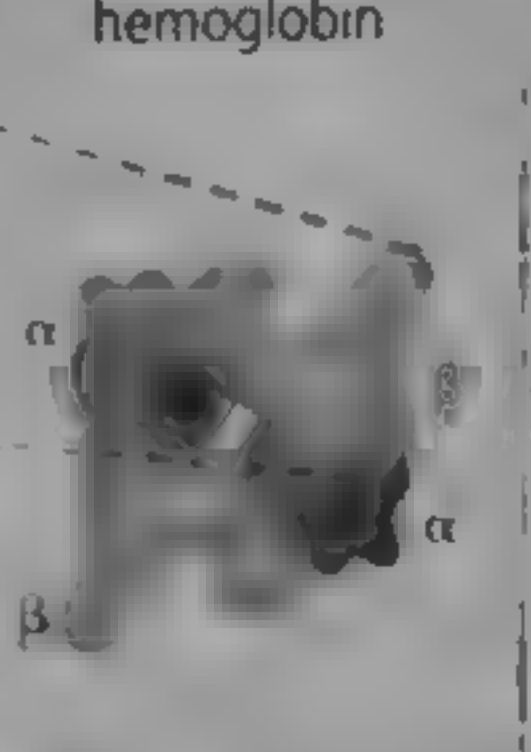
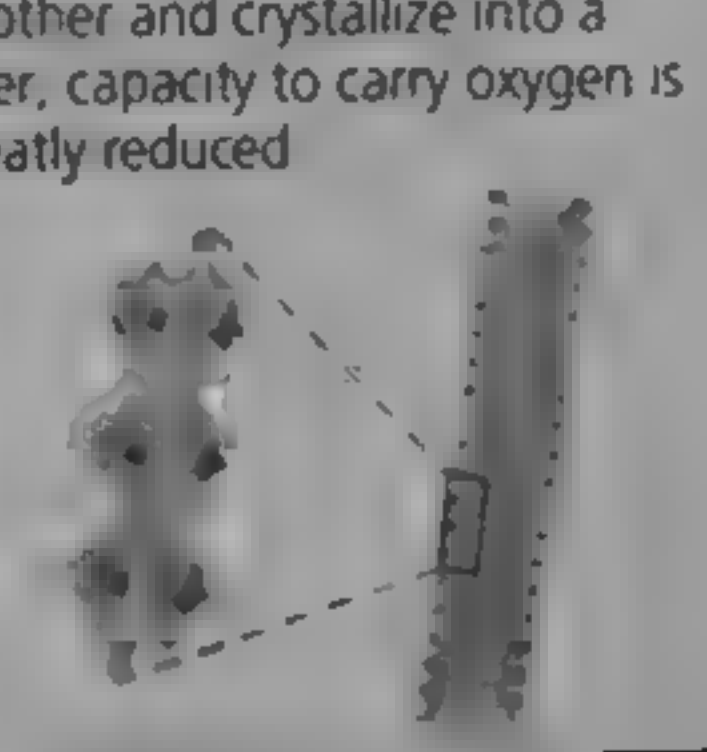

صفحات چین‌خورده  $\beta$  می‌باشد همان‌گونه که در شکل ۱-۱ دیده می‌شود. این زنجیره پلی‌پپتیدی در کنار یکدیگر و به شکل یک پیوند هیدروژنی بین دو اسکلت زنجیره صفحات  $\beta$  هسته بسیاری از پروتئین‌های گروی مانند ویتون‌های رسته‌ای مانند پروتئین ابریشمی تارهای هیدروژنی ایجاد شده باعث می‌شود که یک رشته بسیار محکم و هم‌پوشش محکم‌تر باشد. این ساختار دوم، ساختار سوم را می‌سازد که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. در حالی که ساختار دوم برای اسکلت است، ساختار سوم، شکل و ساختار که حاصل میانکشی‌های بین زنجیره‌های کناری (گروه‌های جانبی) است. یک نوع میانکشی که در ایجاد ساختار سوم نقش دارد و در آب‌گریز می‌باشد هنگامی که یک پلی‌پپتید به یک خود یا می‌خورد، آمینواسیدهای با زنجیره‌های جانبی که به ویتون و بدون تماس با آب قرار می‌گیرند. بنابراین، یک می‌تواند در واقع حاصل عمل مولکول‌های آب است که دور کرده و با یکدیگر و با بخش‌های آب‌دوست پروتئین می‌کشد. از این رو، زنجیره‌های جانبی آمینواسیدهای جانبی که قرار می‌گیرند و میانکشی‌های واندروالس به نگهداری کمک می‌کند. در حالی که پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌های جانبی بین زنجیره‌های جانبی با بار مثبت و منفی به حفظ در یک می‌کند. اینها همگی میانکشی‌های ضعیفی هستند که باعث می‌شود که یک پروتئین ساختار ویژه‌ای به خود بگیرد.



در ساختار یک پروتئین با پیوندهای کووالانسی مانند پل‌های دی‌سولفیدی محکم‌تر می‌گردد. پل‌های دی‌سولفیدی در حبابی ایجاد می‌شوند که به زنجیره‌های سست، آمینواسیدی با گروه‌های سولفیدریل (SH-) در زنجیره‌های جانبی می‌باشد. با نشان پروتئین، در کنار یکدیگر قرار بگیرند. گوگرد سیستین به

1-  $\beta$  pleated sheet 2- Tertiary structure 3- Hydrophobic interaction



Primary Structure	Secondary and Tertiary Structures	Quaternary Structure	Function	Red Blood Cell Shape
			<p>Molecules do not associate with one another, each carries oxygen</p> 	<p>Normal red blood cells are full of individual hemoglobin molecules, each carrying oxygen</p>  <p>10 <math>\mu</math>m</p>
	<p>Exposed hydrophobic region</p> 		<p>Molecules interact with one another and crystallize into a fiber, capacity to carry oxygen is greatly reduced</p> 	<p>Fibers of abnormal hemoglobin deform red blood cell into sickle shape</p>  <p>10 <math>\mu</math>m</p>

▲ شکل ۲۱ ۵ جانشینی یک آمینواسید منفرد در یک پروتئین سبب بیماری گلبول قرمز داسی شکل می‌شود.

**ارتباط دهید**

پروتئین ارائه دهید

هروئین و دیگر داروهای مخدر، اثر اندورفین‌ها را دارند چون ساختاری همانند با اندورفین‌ها هستند پس می‌توانند گیرنده‌های اندورفین در مغز متصل شوند. این اتصال بسیار ویژه درست مانند قفل و کلید (شکل ۱۸-۲ را ببینید). بنابراین عمل یک پروتئین - برای مثال، پروتئین گیرنده در شناسایی و اتصال مولکول پیام‌رسان تسکین‌دهنده درد - یک ویژگی ایجادشده از دستور مولکولی مناسب می‌باشد.

### چهار سطح ساختار پروتئین

در معماری پیچیده یک پروتئین می‌توان سه سطح ساختار نام‌های ساختار اول، دوم و سوم را تشخیص داد. سطح چهار ساختار چهارم هنگامی ایجاد می‌شود که یک پروتئین دارای چند زنجیره پلی‌پپتیدی باشد. (شکل ۲۰-۵) این چهار سطح پروتئین را نشان می‌دهد. پیش از ورود به بخش بعدی، مطمئن که این اشکال را به‌طور کامل مطالعه کرده‌اید.

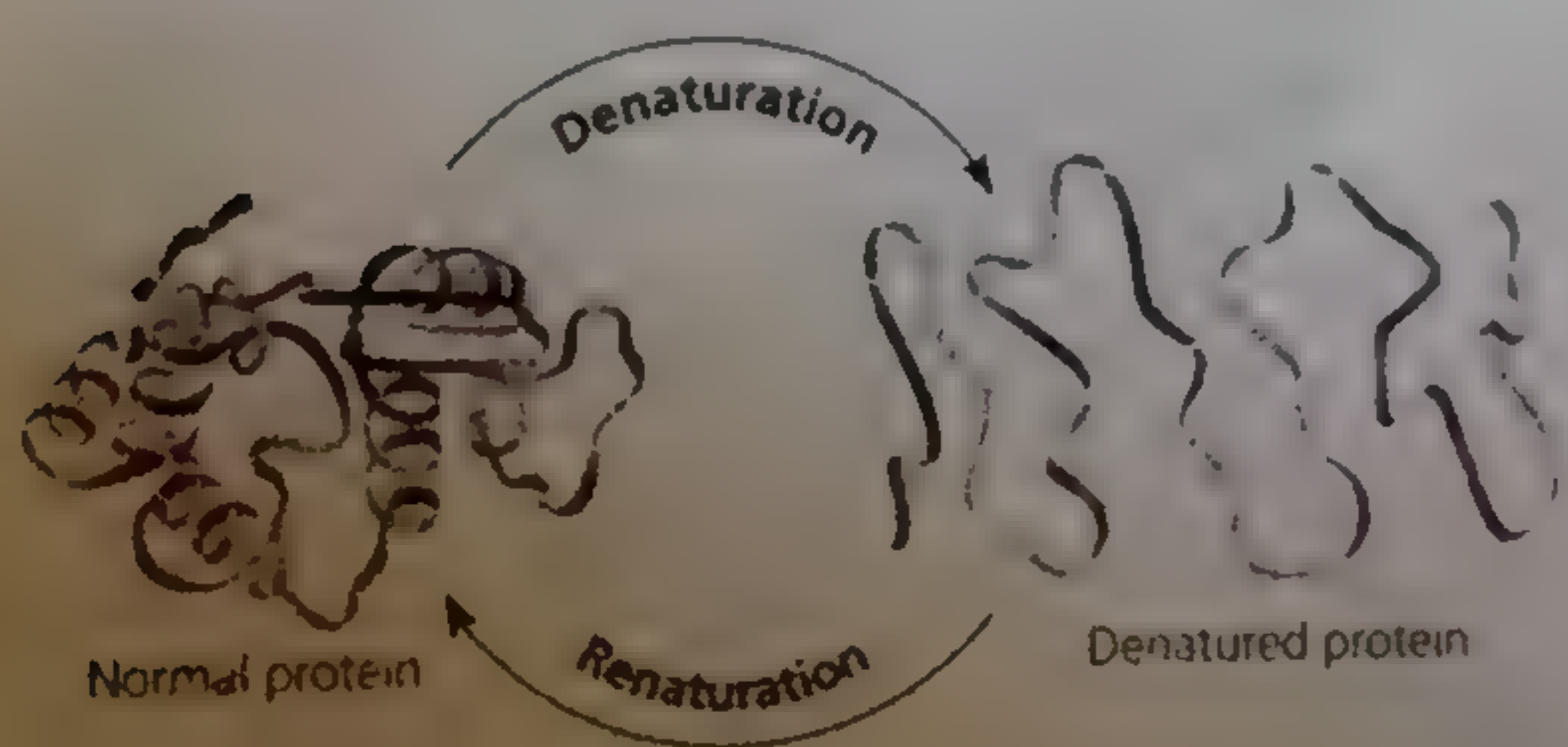
هنگامی که یک سلول، پلی‌پپتیدی را می‌سازد، زنجیره خودبه‌خود تا می‌خورد تا ساختار فضایی و فعال پروتئین را بسازد. این تاخوردن با تشکیل مجموعه‌ای از پیوندها بین بخش‌های زنجیره انجام می‌گیرد که به توالی آمینواسیدهای آن بستگی دارد. بسیاری از پروتئین‌ها کروی هستند در حالی که برخی دیگر به شکل رشته‌ای می‌باشند. حتی بین این گروه‌های گسترده نیز، تفاوت‌های بی‌شماری وجود دارد.

ساختار فضایی ویژه یک پروتئین تعیین می‌کند که این پروتئین چگونه کار کند. در هر حال عملکرد پروتئین به توانایی و تشخیص آن و پیوند به مولکول‌های دیگر بستگی دارد. برای مثال یک پادتن به مواد خارجی ویژه‌ای می‌چسبد که بدن را مورد یورش قرار داده‌اند (شکل ۱۹-۵) و یک آنزیم، سوبسترا یا پیش‌ماده را تشخیص داده و به آن می‌چسبد. پیش‌ماده، ماده‌ای است که آنزیم بر روی آن اثر می‌کند. در فصل ۲ آموختید که مولکول‌های پیام‌رسان طبیعی به نام اندورفین‌ها به پروتئین‌های گیرنده ویژه‌ای در سطح سلول‌های مغزی انسان متصل شده و باعث تسکین درد می‌شوند. مورفین،



پروتئین‌ها در شرایطی که از محیط آبی به یک حلال آلی مثل کلروفرم انتقال یابند غیرطبیعی می‌شوند. در این حالت زنجیره پلی‌پپتیدی دوباره تا می‌خورد به گونه‌ای که نواحی آب‌گریز به طرف حلال قرار می‌گیرند. دیگر عوامل واسرشت‌کننده مانند مواد شیمیایی پیوندهای هیدروژنی، پیوندهای یونی و پل‌های دی‌سولفیدی را که باعث حفظ ساختار پروتئین می‌گردند، از هم باز می‌کنند. همچنین دمای بالا می‌تواند پیوندهای ضعیف پایدارکننده ساختار طبیعی پروتئین را باز کند. سفیده تخم مرغ هنگام پختن، سفت می‌شود چرا که پروتئین‌های واسرشت‌شده به صورت نامحلول و جامد درآمده‌اند. چنین ویژگی بیان می‌کند که چرا تب بالا کشنده است؛ پروتئین‌های خون در دمای بالای بدن، واسرشت می‌شوند.

هنگامی که یک پروتئین درون یک لوله آزمایش با گرما و مواد شیمیایی واسرشت می‌شود معمولاً با حذف عامل واسرشت‌کننده، دوباره شکل اولیه خود را به دست خواهد آورد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اطلاعات درباره شکل ویژه یک پروتئین در درون و ذات ساختار اول آن پروتئین نهفته است. توالی آمینواسیدی یک پروتئین، تعیین‌کننده ساختار فضایی آن پروتئین است. جایی که یک مارپیچ آلفا شکل می‌گیرد؛ جایی که صفحات بتای چین‌خورده وجود دارند؛ جایی که پیوندهای دی‌سولفیدی هستند و جایی که پیوندهای یونی شکل می‌گیرند همگی با توالی آمینواسیدی تعیین می‌شوند. اما در محیط شلوغ سلولی، تاشدن صحیح یک پروتئین در مقایسه با یک لوله آزمایش بسیار پیچیده‌تر است.



▲ شکل ۲۲ ۵ دناتوراسیون (واسرشت شدن) و رناتوراسیون (بازسرشت شدن) یک پروتئین. دمای بالا، بیمار با مواد شیمیایی گوناگون، پروتئین را واسرشت (دناتوره) می‌کند به گونه‌ای که ساختمان فضایی و توانایی عملکردی خود را از دست می‌دهد. اگر پروتئین واسرشت‌شده به صورت محلول باقی بماند، چنانچه شرایط شیمیایی و فیزیکی محیطش به حالت فیزیکی برگردانده شود معمولاً دوباره بازسرشت (رناتور) می‌گردد.

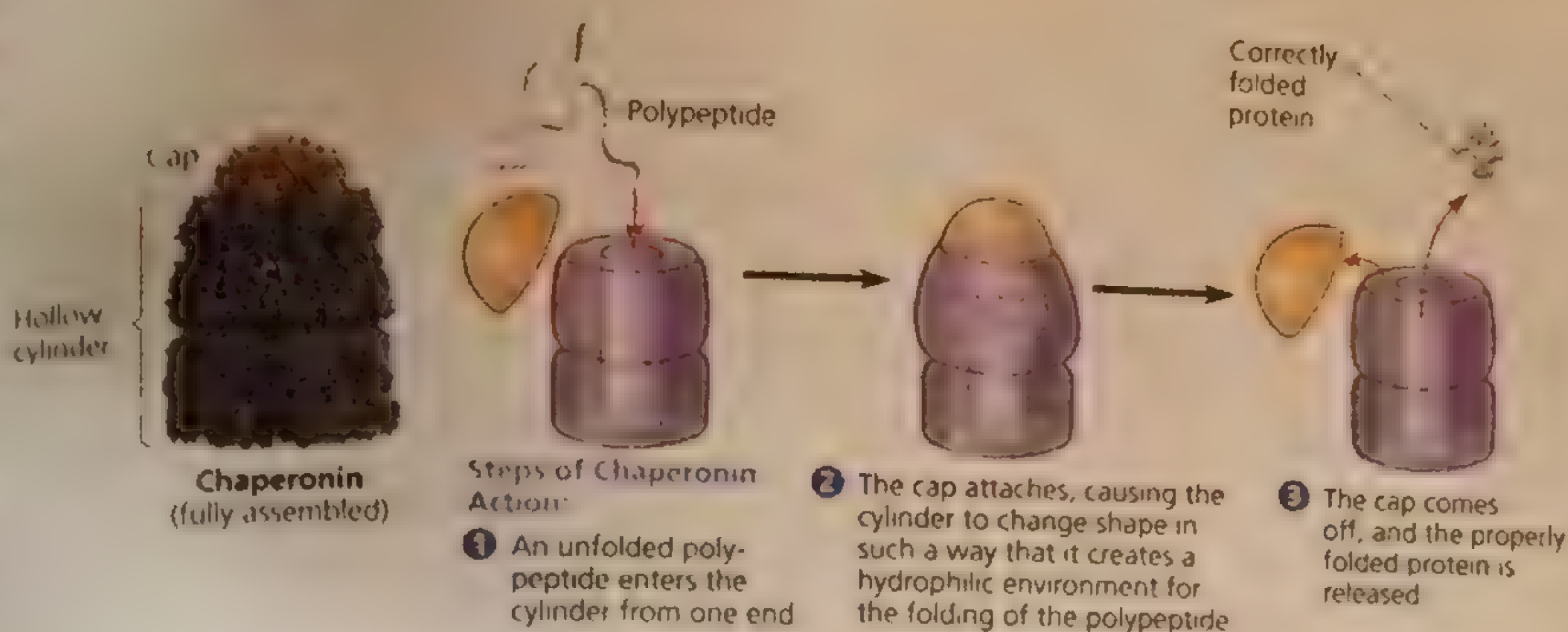
عوامل ساختار فضایی پروتئین را تعیین می‌کنند؟ شما آموختید که شکل ویژه یک پروتئین عملکرد ویژه‌ای به آن می‌دهد. اما چه عوامل کلیدی، تعیین‌کننده ساختار فضایی می‌شوند؟

سج این پرسش را می‌دانید؛ یک زنجیره پلی‌پپتیدی با یک آمینواسیدی که به صورت تصادفی و خودبه‌خودی در کنار هم قرارند به صورت یک ساختار سه‌بعدی درآمده و با پل‌های مسئول ساختار دوم و سوم حفظ می‌گردد. این تاشدن عادی در پروتئین تازه ساخته‌شده در سلول رخ می‌دهد. اما فضای پروتئین به شرایط شیمیایی و فیزیکی پیرامون آن نیز بستگی دارد. اگر pH، غلظت نمک، دما و یا دیگر عوامل تغییر کنند، ممکن است پروتئین ساختمان طبیعی‌اش را از دست بدهد که به این حالت واسرشت شدن یا دناتوراسیون<sup>۲</sup> می‌گویند. (شکل ۲۲-۵). خون پروتئین واسرشت‌شده دارای شکل غیرطبیعی است، از لحاظ ریزی غیرفعال می‌باشد.

1 - Sickle-cell disease  
2 - Denaturation



شکل ۲۳-۵ یک چپرونین عمل می‌کند. چپرونین یک پروتئین است که به پروتئین‌ها کمک می‌کند تا به شکل صحیح خود درآیند. چپرونین یک حفره خالی دارد که پروتئین‌ها می‌توانند در آن قرار بگیرند و به شکل صحیح خود درآیند. چپرونین یک پروتئین است که به پروتئین‌ها کمک می‌کند تا به شکل صحیح خود درآیند.



### تاخوردن پروتئین در سلول

بیوشیمیست‌ها اکنون توالی آمینواسیدهای بیش از ۱۰ میلیون پروتئین و ساختار سه‌بعدی ۲۰,۰۰۰ پروتئین را شناسایی نموده‌اند. شاید تصور کنیم که به دلیل تناسب ساختار اول بسیاری از پروتئین‌ها با ساختمان فضایی آنها، پیدا کردن قواعد تا شدن پروتئین‌ها امری آسان است. متأسفانه مسأله تا شدن پروتئین‌ها ساده نیست. بیشتر پروتئین‌ها در مسیر پایدار شدن ساختمان فضایی‌شان چندین حالت بینابین را می‌گذرانند و ساختمان نهایی نیز نمی‌تواند مراحل مورد نیاز برای تاخوردن درست پروتئین را آشکار کند. اما بیوشیمیست‌ها روش‌هایی را برای ردیابی پروتئین از مراحل بینابین تاخوردن یافته‌اند. پژوهشگران همچنین عواملی به نام چپرونین<sup>۱</sup> (پروتئین‌های چپرون<sup>۲</sup>) را کشف کرده‌اند. این مولکول‌های پروتئینی به تاخوردن درست پروتئین‌ها کمک می‌کنند (شکل ۲۳-۵). چپرونین، ساختمان پایانی یک پلی‌پپتید را تعیین نمی‌کند. ولی در هنگام تاخوردن خودبه‌خودی پلی‌پپتید تازه ساخته‌شده در سیتوپلاسم، آن را از تاخوردن نادرست دور نگه می‌دارند. چپرونین باکتری *E. coli* که در شکل ۲۳-۵ نشان داده شده به خوبی بررسی شده است. این چپرونین مجموعه‌ای چند پروتئینی مانند یک استوانه توخالی است. حفره درونی آن جایگاهی برای تاخوردن پلی‌پپتیدهای گوناگون می‌باشد.

تاخوردگی اشتباه پلی‌پپتیدها مشکلی جدی در سلول‌ها محسوب می‌شود. بسیاری از بیماری‌ها مثل آلزایمر، پارکینسون و جنون گاوی

با تجمع پروتئین‌های بدتاخورده شده ارتباط دارد. در واقع، چنین انواع بدتاخورده پروتئین ترانس‌تایرین، که در شکل ۲۰-۵ نشان داده شده است، در چندین بیماری، که شامل یک نمونه از انواع صرع سالخوردگی نیز هست، ثابت شده است.

حتی هنگامی که دانشمندان یک پروتئین واقعی را در اختیار داشته باشند تعیین دقیق ساختمان سه‌بعدی آن ساده نیست چرا که بد پروتئین ساده از هزاران اتم ساخته شده است. بلورنگاری اشعه ایکس روش خوب برای تعیین ساختمان سه‌بعدی پروتئین‌ها (شکل ۲۴-۵). روش دیگری به کار رفته است، اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR) می‌باشد که به پروتئین بلور شده نیاز ندارد. این شیوه‌ها که برای درک ساختمان پروتئین به کار می‌روند، نکات ظریفی را درباره عملکرد پروتئین‌ها کرده‌اند.

### آزمون بحث ۴-۵

۱. چرا یک پروتئین واسرشت‌شده، عملکرد فعالی ندارد؟

۲. چه قسمت‌هایی از یک زنجیره پلی‌پپتیدی در ایجاد سود برای سکن ساختار دوم شرکت می‌کنند؟ چه قسمت‌هایی برای ایجاد ساختار سه‌دخیالت دارند؟

۳. **هم می‌شود اگر؟** اگر یک جهش ژنتیکی ساختار اولیه یک پروتئین تغییر دهد چگونه این عمل موجب برهم خوردن فعالیت آن می‌گردد می‌شود؟

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید

- 1 - Chaperonins
- 2 - Chaperone proteins



## ۵-۵ اسیدهای نوکلئیک اطلاعات وراثتی را ذخیره دارند و انتقال می‌دهند

اگر ساختار اول پای پیچ‌ها تعیین گردد، ساختمان وراثتی پروتئین است، پس چه عامل ویزمای ساختار اول پروتئین را تعیین می‌کند؟ نوالی آمینواسیدی، یک پای پیچ توسط واحد ژنتیکی به نام ژن<sup>۱</sup> برنامه‌ریزی شده است. ژن‌ها بخشی از DNA - پانویس - یا اسیدهای نوکلئیک<sup>۲</sup> - می‌باشند.

### تفکیک اسیدهای نوکلئیک

دو نوع اسید نوکلئیک وجود دارد: دیوکسیریبوزیل نوکلئیک اسید (DNA) و ریبونوکلئیک اسید (RNA). این‌ها مولکول‌هایی هستند که جانداران را قادر به تولید مثل و انتقال ویژگی‌های پیچیده‌شان از یک نسل به نسل بعد می‌کنند. در میان این مولکول‌ها، DNA، به‌طور مولکولی است که می‌تواند همانندسازی کرده، سنتز RNA را هدایت کند و از طریق RNA نیز سنتز پروتئین‌ها را کنترل نماید (شکل ۱-۵).



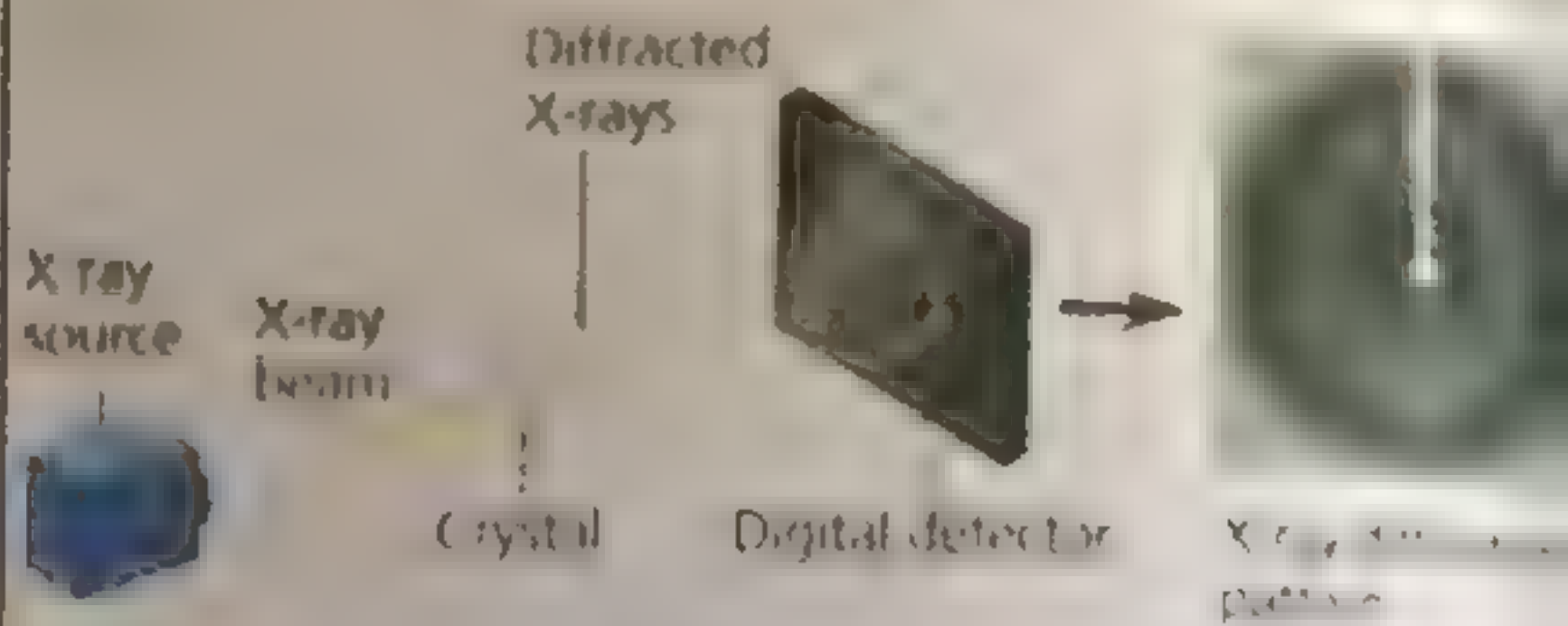
**شکل ۵-۲۵ DNA ← RNA ← پروتئین در یک سلول**  
 DNA درون هسته، ساختار RNA در یک سلول به صورت mRNA، rRNA و tRNA در سیتوپلاسم انتقال یافته و در سیتوپلاسم در ساخت پروتئین شرکت می‌کند و برای آن رمز می‌دهد. همچنین هنگامی که ریبوزوم در ساختار mRNA شرکت می‌کند، پروتئین به صورت نوالی خاص آمینواسیدهای پاری پیچد که به هم می‌زنند.

۱ - Gene  
 ۲ - Nucleic acids

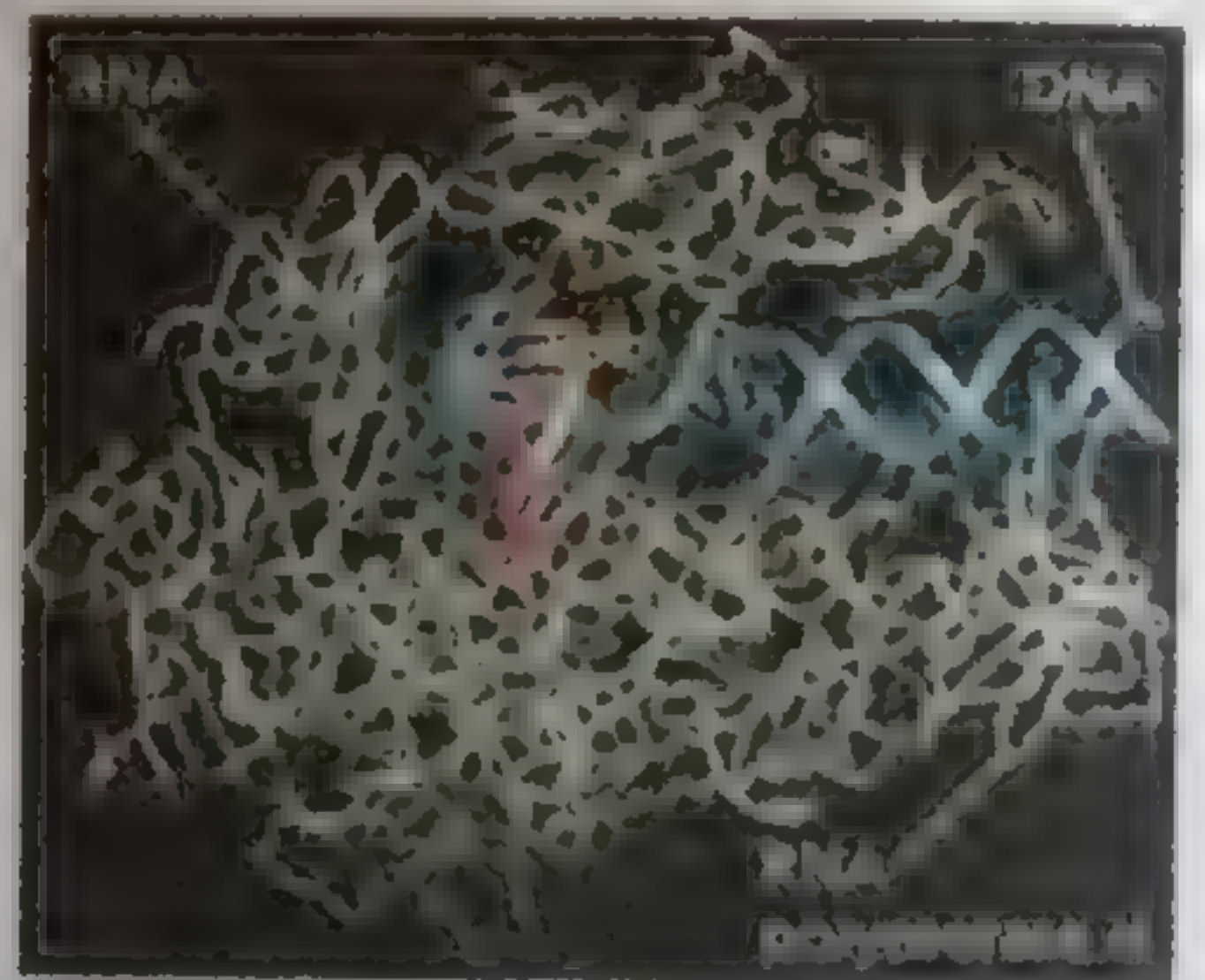
## پژوهش

تحقیق شکل سه‌بعدی آنزیم RNA پلی‌مراز II چه چیزهایی دربارهٔ عملکرد آن در اختیار ما قرار می‌دهد؟

۲۰۰۶، راجر کورسبرگ به دلیل استفاده از بلورنگاری اشعه X برای تعیین ساختار سه‌بعدی RNA پلی‌مراز II، برندهٔ جایزه نوبل شد. این آنزیم به DNA پیوسته و یک رشته RNA را می‌سازد. بعد از به‌دست آوردن فرکانس از این سه مولکول DNA، RNA و کورسبرگ و همکاری‌اش برنو لشفه X را به‌طور نامتداوم به‌دست آورد. این به‌صورت مستقیم پراکنده می‌کند و یک استرکچر دیجیتال به‌دست می‌آید. ساختار الگوی پراکنش اشعه X است می‌کند.



کورسبرگ و همکارانش با استفاده از الگوهای پراکنش اشعه X و سایر نوالی ساختاری که توسط روش‌های شیمیایی تعیین شد، یک مدل سه‌بعدی از کمپلکس RNA پلی‌مراز II به‌دست آورد.



این پژوهش و تحلیل مدل‌های فرستاده دربارۀ عملکرد RNA پلی‌مراز II که در دنیای مثالی ناحیه بالای DNA ممکن است به‌دست گیرد، عمل کند که نوکلئیک اسید را در جای خود نگاه می‌دارد. ساختار RNA پلی‌مراز II در فصل ۱۷ بیشتر خواهد آمد.

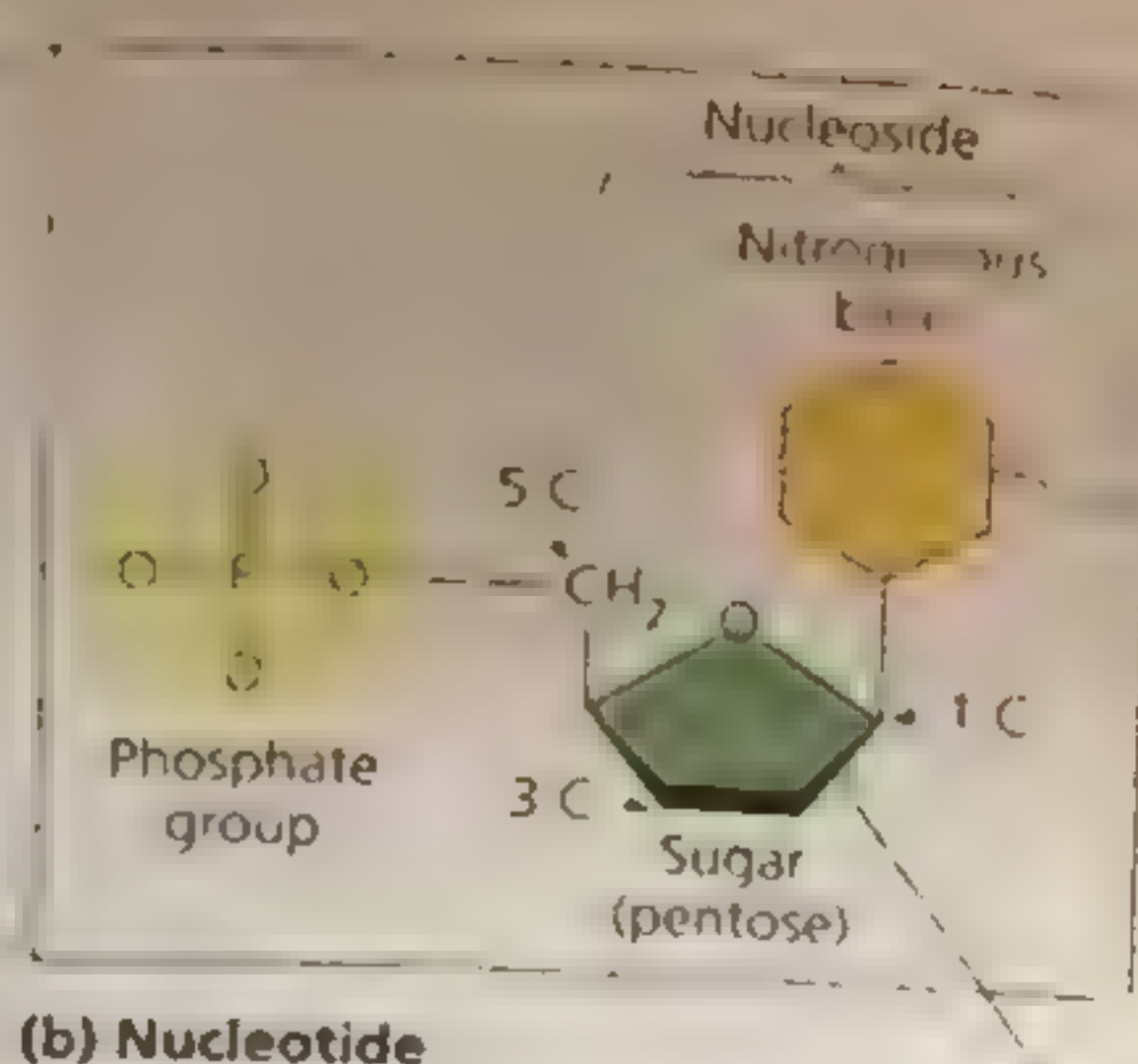
منبع: A. L. Ginn et al.، ساختار ساختمانی و فیزیکی کمپلکس RNA پلی‌مراز II، Science، ۲۹۲، ۱۸۷۸-۱۸۸۲ (۲۰۰۱).

**آیا می‌تواند اگر؟** اگر نویسنده این مقاله بودید و مدل را توصیف می‌کردید، چه نوع ساختار پروتئینی برای پای پیچد سیر مار پیچی در مرکز در نظر می‌گرفتید؟



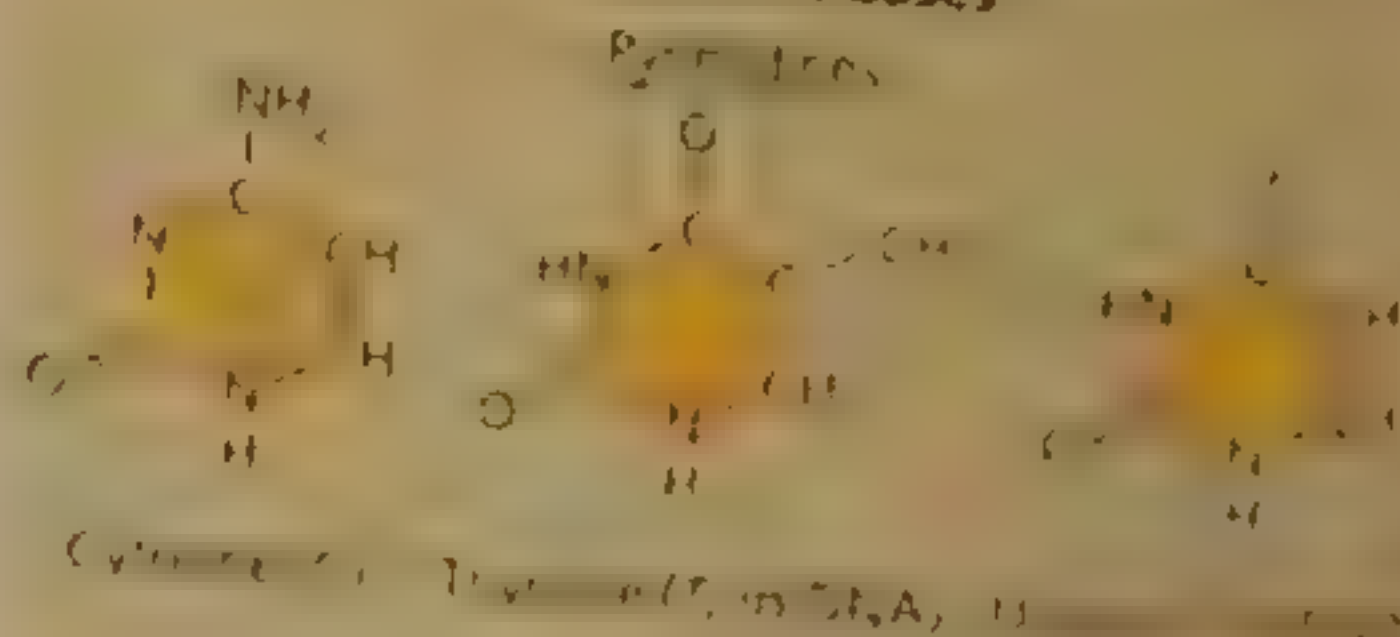
Sugar-phosphate backbone  
(on blue background)

5' end



(b) Nucleotide

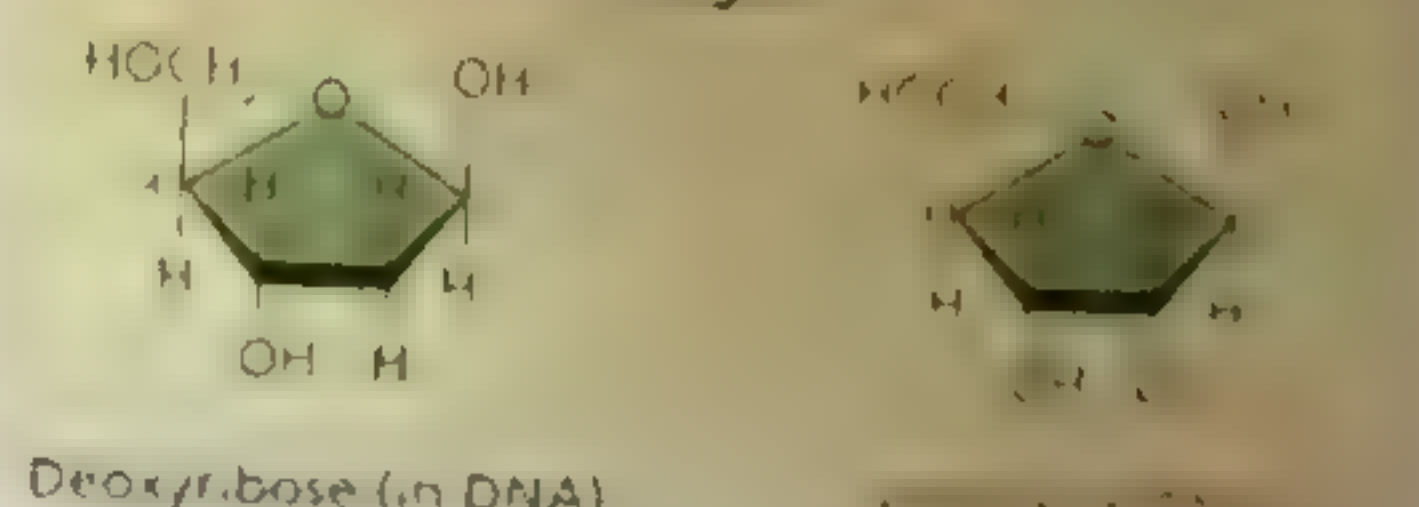
Nitrogenous bases



Purines



Sugars



Deoxyribose (in DNA)

(c) Nucleoside components

(a) Polynucleotide, or nucleic acid

▲ شکل ۲۶-۵ اجزای اسیدهای نوکلئیک. (a) یک پلی نوکلئوتید دارای اشکال قند فسفات منظمی هر دو روایت متعیری از چهار بار پیروزی است. (b) یک مونومر نوکلئوتیدی دارای سه بخش است: یک بار پیروزی، یک قند و یک گروه فسفات که به هم چسبده اند. بدون گروه فسفات، به ساختمان حاصل، نوکلئوتید گفته می شود (c) اجزاء نوکلئوتید شامل یک بار پیروزی (پورین یا پیریمیدین) و یک قند پنتوز (ریبوز یا دئوکسیریبوز) است.

اطلاعات ژنتیکی در مسیر DNA تا پروتئین ها می شود؟ هر ژن در مولکول DNA، ساخت یک نوع RNA را به نام RNA ی پیک (mRNA) تعیین می کند. سپس مولکول mRNA با ماشین سارنده پروتئینی میانگش می دهد تا ساخت پلی پپتید را به گردش در آورد ما می توانیم گردش اطلاعات ژنتیکی را به صورت پروتئین  $DNA \rightarrow RNA \rightarrow$  خلاصه کنیم (شکل ۲۵-۵ را ببینید). جایگاه های واقعی ساخت پروتئین، ساختارهای سلولی به نام ریبوزوم ها می باشند. در یک سلول یوکاریوتی، ریبوزوم ها در سیتوپلاسم اند ولی DNA در هسته قرار دارد. RNA پیک اطلاعات ژنتیکی را برای ساخت پروتئین از هسته به سیتوپلاسم می برد سلول های پروکاریوتی بدون هسته اند ولی آنها نیز از RNA برای انتقال پیام از DNA به ریبوزوم ها و دیگر بخش های سلولی برای ترجمه اطلاعات به توالی آمینواسیدی بهره می برند.

### اجزای اسیدهای نوکلئیک

اسیدهای نوکلئیک، درشت مولکول هایی هستند که به صورت

DNA ماده ژنتیکی است که جانداران از والدین خود به ارث می برند. هر کروموزوم دربرگیرنده ی یک مولکول DNA بلند است که از چند صد تا هزاران ژن تشکیل شده است. هنگامی که یک سلول با تقسیم شدن، سلول جدیدی را ایجاد می کند، مولکول های DNA آن کپی شده و از یک نسل به نسل بعدی انتقال می یابد. آنچه که در ساختمان DNA به صورت رمز درآمده است اطلاعاتی از برنامه ها و کارهای سلولی است. اما، DNA مستقیماً در عملکرد سلولی درگیر نمی شود. این حالت تفاوت چندانی با نرم افزار کامپیوتری ندارد که به تنهایی می تواند یک صورت حساب بانکی را چاپ کند یا بارگد روی یک حبه غلات را بخواند. همان طور که برای چاپ کردن یک جمله به چاپگر (پرینتر) نیاز داریم و یا برای خواندن یک بارکد به یک اسکنر نیاز است برای برنامه های ژنتیکی نیز به پروتئین ها نیاز داریم. ساخت افزار مولکولی سلول - ابزارهای بیشتر اعمال زیستی - پروتئین ها می باشند. برای نمونه، ناقل اکسیژن در سلول های قرمز خون، پروتئین هموگلوبین است نه DNA ای که ساختار آن را تعیین می کند چگونه مولکول اسید نوکلئیکی دیگر یعنی RNA، وارد گردش



پلی‌مرهایی به نام پلی‌نوکلئوتیدها<sup>۱</sup> وجود دارند (شکل ۲۶۵-۵). همان‌گونه که از نام‌شان پیداست، هر پلی‌نوکلئوتید دارای مونومرهایی به نام نوکلئوتیدها است. یک نوکلئوتید دارای سه بخش است: یک یار شروزی، یک پنتوز (قند ۵ کربنه) و یک گروه فسفات (شکل ۲۶۶-۵). همه این بخش‌ها بدون گروه فسفات را نوکلئوزید می‌نامند.

برای ساختن یک نوکلئوتید، ابتدا اجزای دو بخش نوکلئوزید را بررسی می‌گیریم: یار شروزی و قند (شکل ۲۶۷-۵). دو خانواده از یارهای شروزی وجود دارند: پیریمیدین‌ها و پورین‌ها. یک پیریمیدین<sup>۲</sup> دارای یک حلقه شش‌گانه و اسم‌های پیروزین است. از آن‌ها یار شروزی دوست دارند که  $H^+$  را از محلول بگیرند که واژه باز شروزی را توجیه می‌کند. اعضای خانواده پیریمیدین شامل سیتورین (C)، تیمین (T) و یوراسیل (U) هستند. پورین‌ها بزرگ‌تر بوده یک حلقه شش‌گانه و یک حلقه پنج‌گانه دارند. پورین‌ها شامل آدنین (A) و گوانین (G) هستند. پورین‌ها و پیریمیدین‌های متنوع در گروه‌های شیمیایی متصل به آنها با یکدیگر تفاوت دارند. پورین گوانین و سیتورین در هر دو نوع اسید نوکلئیک وجود دارند. پورین‌ها در DNA و یوراسیل تنها در RNA وجود دارد.

سازمان‌دهنده یار شروزی، در مولکول RNA، ریبوز و در DNA، دی‌اکسی‌ریبوز می‌باشد (شکل ۲۶۸-۵). آنها تفاوت پس از دو قند این است که دی‌اکسی‌ریبوز یک اسم اکسیژن بر روی کربن دوم حلقه کمتر دارد و سیتورین نام این قند بر دی‌اکسی است. بعد از آن که یار شروزی و قند هر دو شماره‌گذاری می‌شوند، صفحه‌ای که قند پس از عدد، علامت پریم (') می‌باشد سیتورین کربن دوم حلقه قندی، کربن ۲' می‌باشد و کربنی که از حلقه سربو می‌باشد کربن ۵' می‌باشد.

ساختار یک نوکلئوتید را می‌توان به صورت زیر نشان داد: یک نوکلئوتید شامل یک گروه فسفات به کربن ۵' قند می‌باشد (شکل ۲۶۹-۵). مولکول واحد شده یک نوکلئوزید به نام نوکلئوتید می‌باشد.

### پلی‌مرهای نوکلئوتیدی

اکنون می‌توان دید که چگونه دو نوکلئوتید به یکدیگر پیوند می‌شوند تا یک پلی‌نوکلئوتید را بسازند. نوکلئوتیدهای مجاور هم با پیوندهای کووالانسی به نام فسفودی‌استر متصل می‌شوند که بین گروه OH کربن ۳' یک نوکلئوتید و فسفات ۵' یک نوکلئوتید بعدی ایجاد می‌شود. این پیوندها ساختار پلی‌مر یا الگوی تکراری ایجاد می‌کنند (شکل ۲۷۰-۵). (شکل ۲۶۸-۵ را ببینید) دو

1 - Polynucleotides  
2 - Pyrimidine

انتهای آراد پلی‌مر متفاوت از هم می‌باشند. یک آنها دارای فسفات متصل به کربن ۵' است و انتهای دیگر دارای هیدروکسیل کربن ۳' می‌باشد، که به ترتیب به آنها انتهای ۵' و انتهای ۳' گفته می‌شود. رشته DNA در طول اسکلت قند - فسفات در جهت ۵' به ۳' ساخته می‌شود، درست همانند حبابان یکطرفه، در راستای این اسکلت قند فسفات بخش‌های اضافی سربو از اسکلت وجود دارد که شامل یارهای شروزی می‌باشد.

توالی یارها در طول پلی‌مر DNA (یا mRNA) برای هر ژن مشخصه فرد است. چون ژن‌ها صدها یا هزاران نوکلئوتید دارند، تعداد توالی‌های ممکن یار، عملاً بی‌شمار است. معنی و مفهوم یک ژن برای سلول، در توالی و توالی و توالی چهار یار DNA می‌باشد. برای مثال توالی AGTAACTT یک معنی را می‌دهد در حالی که توالی CGCTTTAAC معنی دیگری دارد (البته ژن‌های واقعی بلندتر هستند). ترتیب خطی یارها در یک ژن توالی آمینواسیدها را مشخص می‌سازد. ساختار اول پروتئین - که این ترتیب نیز به‌وسیله خود، عملکرد و ساختمان سه‌بعدی پروتئین را در سلول تعیین می‌کند.

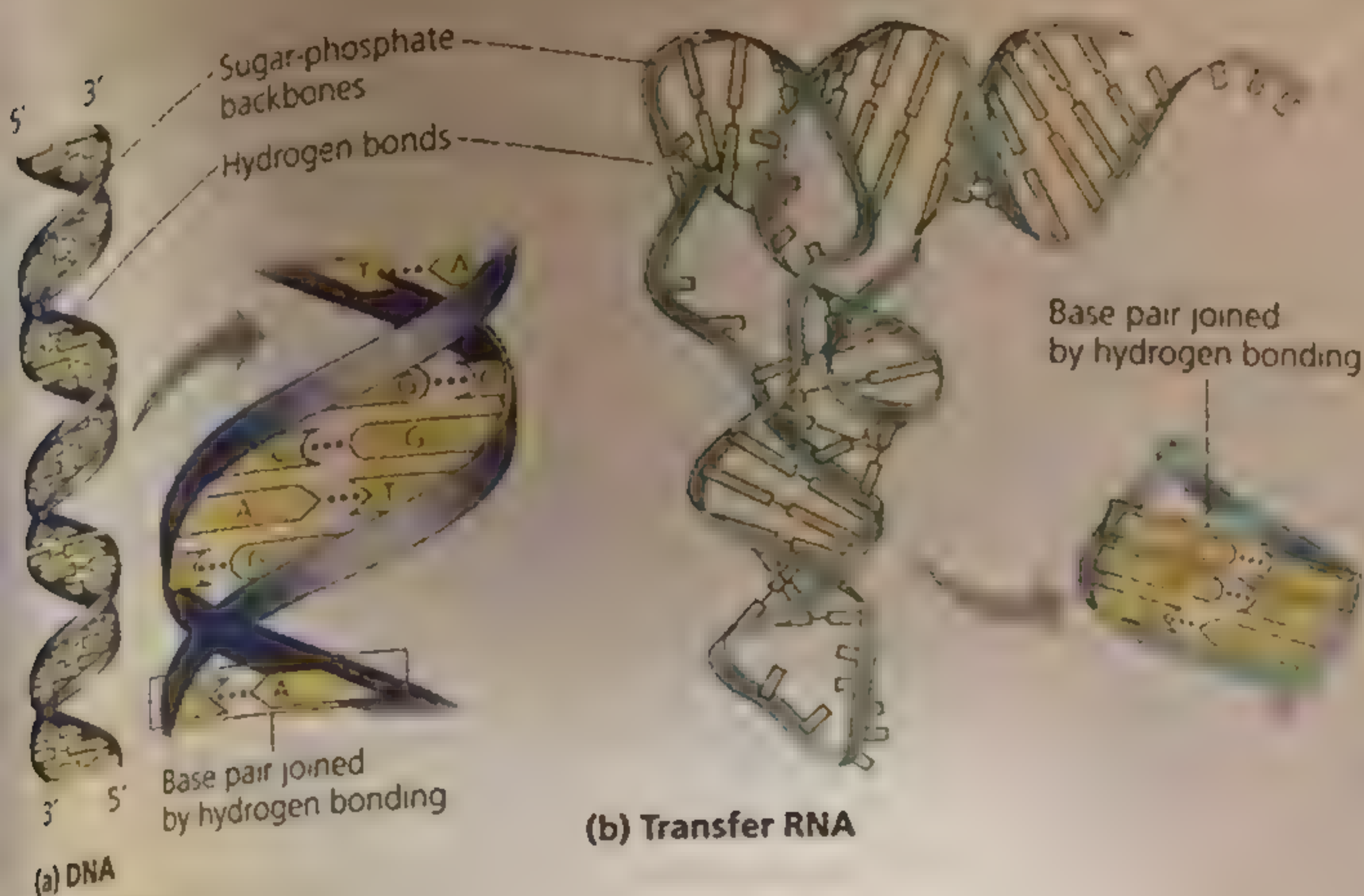
### ساختار مولکول‌های DNA و RNA

مولکول‌های RNA سلول‌ها شامل یک زنجیره تک پلی‌نوکلئوتیدی مانند آنچه که در شکل ۲۶-۵ نشان داده شده است می‌باشد. ولی مولکول‌های DNA دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی دارند که به دور یک محور فرضی به صورت مارپیچی می‌چرخند و تشکیل یک مارپیچ دورشته‌ای را می‌دهند (شکل ۲۷۱-۵).

در سال ۱۹۵۳ جیمز واتسون و فرانسیس کریک در دانشگاه کمبریج برای نخستین بار مارپیچ دورشته‌ای را به عنوان ساختار سه‌بعدی DNA پیشنهاد دادند. دو اسکلت قند - فسفات در جهت مخالف ۵' به ۳' از یکدیگر قرار می‌گیرند که به این آرایش ناهمسو<sup>۳</sup> گفته می‌شود، درست همانند یک بزرگراه دو طرفه. اسکلت‌های قند - فسفات در بخش بیرونی مارپیچ و یارهای شروزی در بخش درونی مارپیچ قرار می‌گیرند. دو پلی‌نوکلئوتید یا رشته‌ها با پیوندهای هیدروژنی بین یارهای جفت‌شده و با میانکنش‌های واندروالس بین بازهایی که روی هم قرار گرفته‌اند در کنار یکدیگر نگه داشته می‌شوند. بیشتر مولکول‌های DNA بسیار بلندند و هزاران یا حتی میلیون‌ها جفت‌بار دارند که دو زنجیره را به هم پیوند می‌دهند. یک مارپیچ دورشته‌ای DNA ای بلند دارای ژن‌های زیادی است، که هر کدام از این ژن‌ها تکه خاصی از مولکول DNA به شمار می‌رود.

3 - Antiparallel





### شکل ۲۷-۵ ساختار مولکول‌های DNA و

RNA (a) مولکول DNA معمولاً به صورت دورشته‌ای بوده و دارای اسکلت‌های قند-فسفات در رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی ناهمسو است (در اینجا به وسیله نوارهای آبی نشان داده شده است). آنچه که دو رشته را در کنار هم نگه داشته، بازهای نیتروژنی است که با پیوند هیدروژنی به هم متصل شده‌اند. همان گونه که در این جا نشان داده شده، باز آدنین (A) تنها با تیمین (T) جفت می‌شود، گوانین (G) نیز تنها با سیتوزین (C) جفت می‌گردد. هر رشته DNA در این شکل معادل ساختار پلی‌نوکلئوتیدی رسم شده در شکل ۲۶-۵ می‌باشد. (b) مولکول RNA دارای ساختاری L شکل است که در آن بازهای مکمل در فضایی ناهمسو از RNA، جفت با هم تشکیل داده‌اند در RNA با U جفت می‌شود.

نتیجه اتصال جفت‌بازهای مکمل بین نوکلئوتیدهاست که در طول مولکول به صورت ناهمسو نسبت به یکدیگر واقعند. (شکل ۲۷b-۵) توجه داشته باشید که در RNA، آدنین (A) با یوراسیل (U) جفت می‌شود و تیمین (T) هم در RNA وجود ندارد. تفاوت دیگر RNA با DNA در این است که DNA اغلب به صورت مارپیچ دورشته‌ای وجود دارد. در حالی که مولکول‌های RNA تنوع شکلی زیادی دارند. همان طوری که در بخش ۱۷ خواهید دید، این تنوع ناشی از مقدار و جایگاه استقرار جفت‌بازهای مکمل در درون مولکول RNA است که انواع مختلفی از RNA را به وجود می‌آورد.

### DNA و پروتئین‌ها به عنوان معیارهای تکامل

ما معمولاً عادت داریم که به ویژگی‌هایی همچون مو و شیر در پستانداران به عنوان دلیلی برای وجود اجداد مشترک فکر کنیم. آنجایی که ما می‌دانیم DNA اطلاعات وراثتی را به شکل ژن‌ها حمل می‌کند، می‌توان پی برد که ژن‌ها و فرآورده‌هایشان (پروتئین‌ها)، زمینه وراثتی یک جاندار را تعیین می‌کنند. توالی‌های خطی نوکلئوتیدها در مولکول‌های DNA از والدین به فرزندان انتقال می‌یابند که این توالی‌ها آرایش آمینواسیدی پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. خواهرها و برادرها همانندی فراوانی در DNA و پروتئین‌هایشان نسبت به افراد غیرخویشاوند از همان گونه دارند. اگر نگرش تکاملی حیات درست باشد باید بتوان مفهوم زنجیره مولکولی را به روابط بین گونه‌ها گسترش داد. دو گونه که بر پایه مدارک کالبدشناسی و سنگواره‌ای بسیار به هم نزدیک هستند، DNA و پروتئین‌های مشترک بیشتری دارند. برای مثال اگر زنجیره

بازها در مارپیچ دورشته‌ای به طور خاصی مکمل یکدیگر هستند. آدنین (A) همیشه با تیمین (T) جفت می‌شود و گوانین (G) با سیتوزین (C). اگر توالی بازها را در طول یک رشته بخوانیم، توالی بازهای رشته مقابل را خواهیم دانست. اگر بخشی از یک رشته دارای توالی ۳'-AGGTCCG-۵' باشد، قوانین جفت‌شدن بازها مشخص می‌کند که همان بخش بر روی رشته مقابل دارای توالی ۵'-TCCAGGC-۳' است. دو زنجیره مارپیچ دورشته‌ای، مکمل هم می‌باشند. این ویژگی DNA است که درستی همانندسازی صحیح را از ژن‌ها ممکن می‌سازد. در هنگام تقسیم سلولی هر کدام از دو رشته مولکول DNA به عنوان الگویی برای جای گیری درست نوکلئوتیدها در رشته مکمل تازه عمل می‌کنند. نتیجه این فرایند دو کپی کاملاً یکسان از مولکول DNAی دو رشته‌ای نخست می‌باشد، که هر کدام به دو سلول دختر می‌رود. بنابراین ساختمان DNA برای انتقال اطلاعات ژنتیکی در هنگام تولیدمثل سلولی اهمیت فراوان دارد. جفت‌بازهای مکمل می‌توانند بین بخش‌هایی از دو مولکول RNA و یا حتی بین دو امتداد و توالی نوکلئوتیدی در یک مولکول RNA واحد به وجود بیایند. در واقع، اتصال جفت‌بازی در درون یک مولکول RNA به مولکول اجازه می‌دهد که در آن یک ساختار سه‌بعدی متناسب و لازم برای عملکردش به وجود بیاید. از این لحاظ، مثلاً، یک نوع RNA به نام RNA حامل (tRNA)، که در فرایند ساخت پلی‌پپتید آمینواسیدهای را به ریبوزوم می‌برد، وجود دارد که حاوی حدود ۸۰ نوکلئوتید در طول خود است. شکل کارآمد این مولکول



### مفهوم ویژگی‌های نوپدید در شیمی حیات: مرور

به یاد آورید که زندگی در راسای یک سلسله سطوح ساختمانی سازماندهی شده است (شکل ۱-۴ را ببینید). با هر افزایش سطح، ویژگی‌های جدیدی ایجاد می‌شود. در فصول ۲ تا ۵، شیمی حیات را بررسی کردیم. همچنین به توسعه نگرشی جامع‌تر از حیات و چگونگی بدایش ویژگی‌های جدید با افزایش نظم پرداختیم.

دیدیم که رفتار غیرمعمول آب که برای زندگی بر روی زمین ضروری است حاصل برهم‌کنش بین مولکول آب و افزایش منظم پیوندهای هیدروژن و اکسژن می‌باشد. پیچیدگی و گوساگویی مولکول‌های آلی را به ویژگی‌های شیمیایی کربن نسبت دادیم. اما دیدیم که ویژگی‌های بی‌همتای ترکیبات آلی به افزایش ساختاری اسکلت کربنی و گروه‌های فعال متصل به آنها بستگی دارد. آنچه که مولکول‌های آلی کوچک به صورت مولکول‌های بزرگ در می‌آیند همچنین مشخص کردیم که درشت‌مولکول‌ها همانند مولومرهای ساریده‌شان رفتار نمی‌کنند، بلکه ویژگی‌های خاصی پیدا می‌کنند که حاصل برهم‌کنش بین مولومرهای شان می‌باشد. با کامل کردن نگرش خود درباره پایه مولکولی حیات، با مقدمه‌ای بر رده‌های مهم درشت‌مولکول‌هایی که سلول‌های زنده را می‌سازند می‌توانیم به بخش ۲، جایی که ساختمان و عملکرد سلولی مورد مطالعه قرار می‌گیرد، پلی بریم. از یک سو به کوچک‌سازی حیات به صورت گروهی از فرایندهای ساده‌تر نیاز داریم و از سوی دیگر باید به بررسی این فرایندها در شرایط کلی (طبیعی) بپردازیم و سعی کنیم همواره بین این دو نیاز تعادل برقرار نماییم.

پلی‌پپتیدی هموگلوبین انسان را با هموگلوبین پش مهره‌دار دیگر بدین‌گونه می‌توانیم بسنجیم: این بسنج به دست می‌آید؛ در این زنجیره ۱۴۶ آمینواسیدی، انسان‌ها و گوریل‌ها تنها در یک آمینواسید، انسان‌ها و میمون‌ها تنها در دو آمینواسید و انسان‌ها و میمون‌ها در هشت آمینواسید با هم اختلاف دارند. گونه‌های مرتبط بسیار دور دارای زنجیره‌هایی با همانندی بسیار کم می‌باشند. انسان‌ها و موش‌ها در ۲۷ آمینواسید و انسان‌ها و قورباغه‌ها در ۶۷ آمینواسید اختلاف دارند. زیست‌شناسی مولکولی معیاری را به جعبه‌ابزار زیست‌شناسان افزوده است تا به کمک آن خویشاوندی تکاملی را شناسایی کند.

### پیش‌های بحث ۵-۵

۱. به سکن ۲۶۵ مراجعه و تعداد کربن‌های فندهای سه نوکلئید بالای شمارش کنید. دور بارهای ستروزی حفظ نکنید و فسفات‌ها را علامت نزنید.

۲. یک مارپیچ دورشته‌ای DNA، یک ناحیه بلند از رشته DNA دارای نوآلی بارهای ستروزی به صورت: ۳'-TAGGCCT-۵' می‌باشد. نوآلی باری رشته مکمل این مولکول و انتهای ۵' و ۳' آن را مشخص کنید.

۳. فرض کنید در مارپیچ دورشته‌ای DNA سؤال قلبی در یکی از رشته‌ها یک جایگزینی رخ دهد و مولکول به صورت ۳'-TAAGCCT-۵' دربیاید. این دورشته را بازنویسی کنید.

کرده و دور اتصالات بازی اشتباه خط بکشید. (b) اگر رشته تعبیریافته بالایی برای تولید رشته مکمل توسط سلول مورد استفاده قرار گیرد، چه بر سر رشته مقابل آن خواهد آمد؟



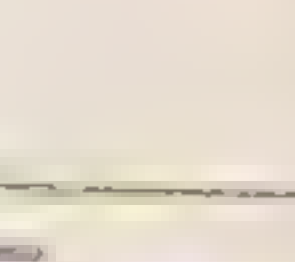
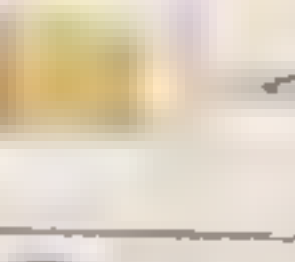

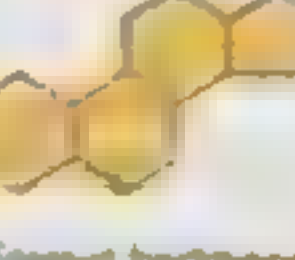
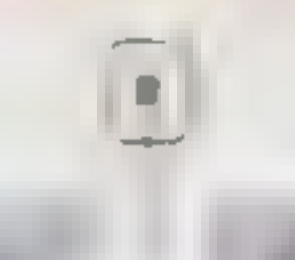


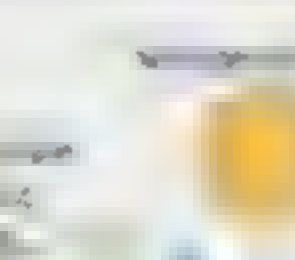


برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به صفحه A مراجعه کنید.



# 5 مرور فصل

در فصل مونتورده بی مردهای هستند که بر وندندانی  
مونتوری هستند  
که در مونتورده و مونتورده بی مردهای هستند  
مونتورده بی مردهای هستند

در فصل به وسیله واکنش های دایمراسیون که در حوض مونتورده  
رج می دهند به هم متصل می شوند بی مردهای می توانند حتی در سدر  
مونتورده بی مردهای هستند و بی مردهای می توانند سدر  
بی مردهای می توانند در مجموعه کوچکی از مونتورده بی مردهای می توانند

عملگردها	مثال ها	نم	در فصل مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند
مونتورده بی مردهای هستند	مونتورده بی مردهای هستند		مونتورده بی مردهای هستند



## خود را نیاز مایند

برای مراجعه به سایت [www.masteringbiology.com](http://www.masteringbiology.com)

در صورت پذیرگزینه‌ای ۱ تا ۷ پاسخ دهید.

۸. جدولی طراحی کنید که موارد زیر را در برگیرد: سون‌ها و ردیف‌ها

ردیف‌ها

موسا کاردها	بنی‌سدها	موسا کاردها
موسا کاردها	بنی‌سدها	موسا کاردها
موسا کاردها	بنی‌سدها	موسا کاردها
موسا کاردها	بنی‌سدها	موسا کاردها

۹. **توضیح دهید** رسته بنی‌موسا کاردها شکل ۲۶۵ را با موسا کاردها

در هر یک از (C, T, A, G) نه‌ای را علامت‌گذاری کنید تا این فرض که  
در یک موسا کاردها DNA رسته مکمل را با استفاده از علامت مشابه  
در رسته‌ها (بنی‌سدها) پیدا (۵ صلیبی) و بارها رسم کنید بارها را  
در یک موسا کاردها شکل‌هایی رسم کنید که جهت ۵' به ۳' (۵' به ۳')  
در رسته‌ها رسم کنید از شکل‌هایی استفاده کنید که مطمئن شوید  
در رسته‌ها در جهت هم‌وار رسته اول قرار داشته باشد راهنمایی بعد از  
در رسته‌ها در جهت عمودی رسم گردید، کاغذ را فروتنه کنید این روش  
در رسته‌ها در جهت دوم را از جهت ۵' به سمت ۳' و از بالا به  
در رسته‌ها

۱۰. از ساط تکاملی

مدرسه‌ای آمواسیدها، پروتئین‌ها، محلول‌ها، اشکال‌ها و اگرایی  
در رسته‌ها در جهت عمودی رسم گردید، کاغذ را فروتنه کنید این روش  
در رسته‌ها در جهت دوم را از جهت ۵' به سمت ۳' و از بالا به  
در رسته‌ها

۱۱. پرسش علمی فرض کنید که شما یک محقق در آزمایشگاه  
تحقیقاتی هستید که پروتئین‌های متصل‌شده به DNA را مطالعه  
می‌کنید به شما توانایی‌های آمواسیدی همه پروتئین‌هایی که توسط  
گونه‌ای خاص کدگذاری شده‌اند داده شده است. از شما خواسته می‌شود تا  
پروتئین‌های مشخصی را پیدا کنید که می‌تواند به DNA متصل شود  
انتظار دارید که در این پروتئین‌ها چه نوع آمواسیدهایی یافت شود؟  
چرا؟

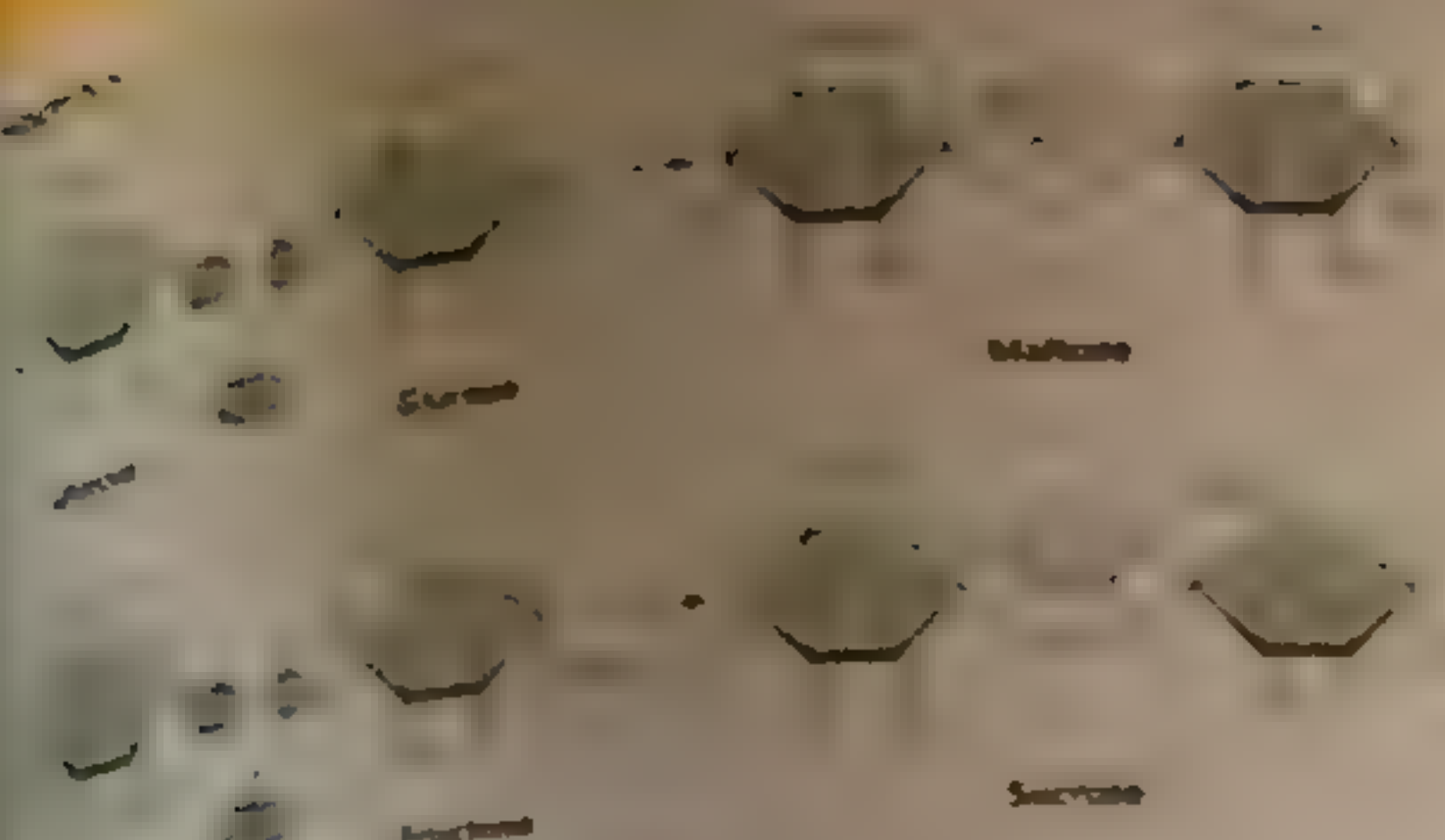
## ۱۲- علم، فناوری و جامعه

برخی از ورزشکاران آماتور و حرفه‌ای، استروئیدهای مصنوعی را برای  
حجم‌دهی ماهیچه‌های‌شان و افزایش توان آنها مصرف می‌کنند. خطرات  
چنین عملی به میزان زیادی ثابت شده است. حداً از بحث سلامت شما  
در باره کاربرد مواد شیمیایی برای افزایش عملکرد ورزشکاران چه نظری  
دارید؟ آیا گمان می‌کنید که ورزشکاری که از استروئیدهای مصنوعی  
استفاده می‌کند منقلب است و یا اینکه چنین مواد شیمیایی برای پیروزی  
در یک ورزش رقابتی مورد نیاز است؟ از پاسخ خود دفاع کنید.

## ۱۳- درباره موضوع مطرح شده در زیر بنویسید

ساختار و عملکرد پروتئین‌ها که عملکردهای مصنوعی در سبیل  
دارند پلی‌مرهایی از زیرواحدهای آمواسیدی مشابه هستند. یک متن  
کوتاه ۱۰۰ تا ۱۵۰ کلمه‌ای بنویسید که در این مورد بحث کند که ساختار  
آمواسیدها چگونه به این نوع پلی‌مر احاره می‌دهد تا این همه تنوع  
عملکردی داشته باشد.





Carbonyl group

Q22 The R group on glutamic acid is acidic and hydrophilic whereas that on valine is basic and hydrophobic. Therefore, it is unlikely that valine can participate in the same intramolecular interactions that glutamic acid can. A change in these interactions causes a disruption of molecular structure.

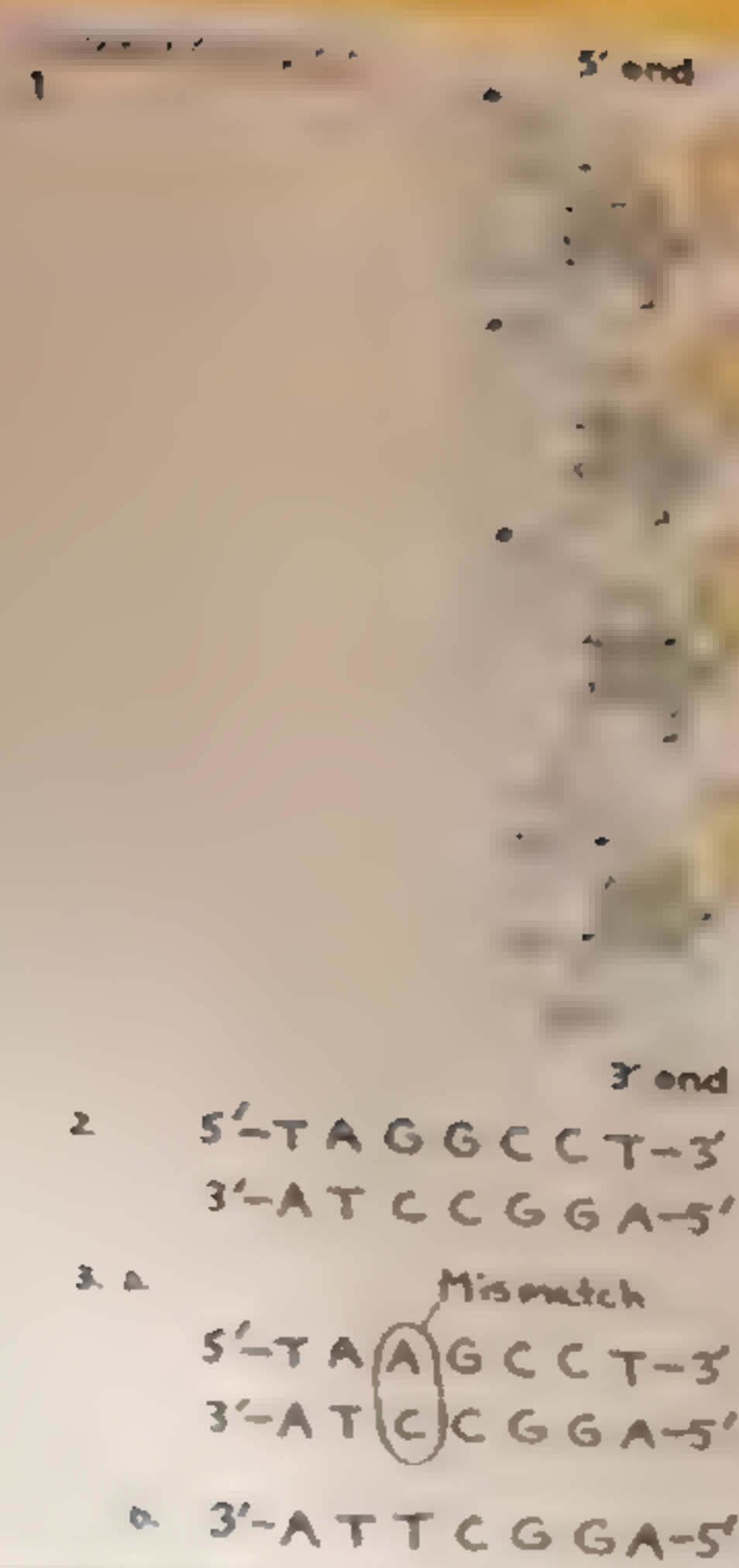
Q24 The spots are all hexes.

Q25 1. Carbohydrates are proteins, carbohydrates, lipids, and nucleic acids. Lipids are hydrophobic. 2. None with one water molecule required to hydrolyze each bond. 3. The amino acids in the fish protein must be released from the matrix and incorporated into other proteins in dehydration synthesis.

Q26 2. 1. 3. The antibiotic treatment is likely to have killed the prokaryotic species in the cow's stomach. The absence of these prokaryotes would reduce the cow's ability to obtain energy from food and could lead to malnutrition and possibly death. Thus, prokaryotic species are reintroduced, in appropriate concentrations, in the gut culture given to treated cows.

Q27 1. The hydrophobic tails of the membrane phospholipids were in contact with the hydrophobic tails of the oil molecules. 2. Human sex hormones are steroids, a type of hydrophobic compound. 3. The oil droplet membrane could consist of phospholipids rather than a bilayer, because an arrangement in which the hydrophobic tails of the membrane phospholipids were in contact with the hydrophobic tails of the oil molecules would be more stable.

Q28 1. The loss of a protein is a consequence of its specific shape, which is lost when a protein becomes denatured. 2. Secondary structure involves hydrogen bonds between atoms of the polypeptide backbone. Tertiary structure involves interactions between atoms of the side chains of the amino acid subunits. 3. These interactions are hydrophobic, so you would expect this region to be located in the interior of the folded polypeptide, where it would not contact the aqueous environment outside the cell.

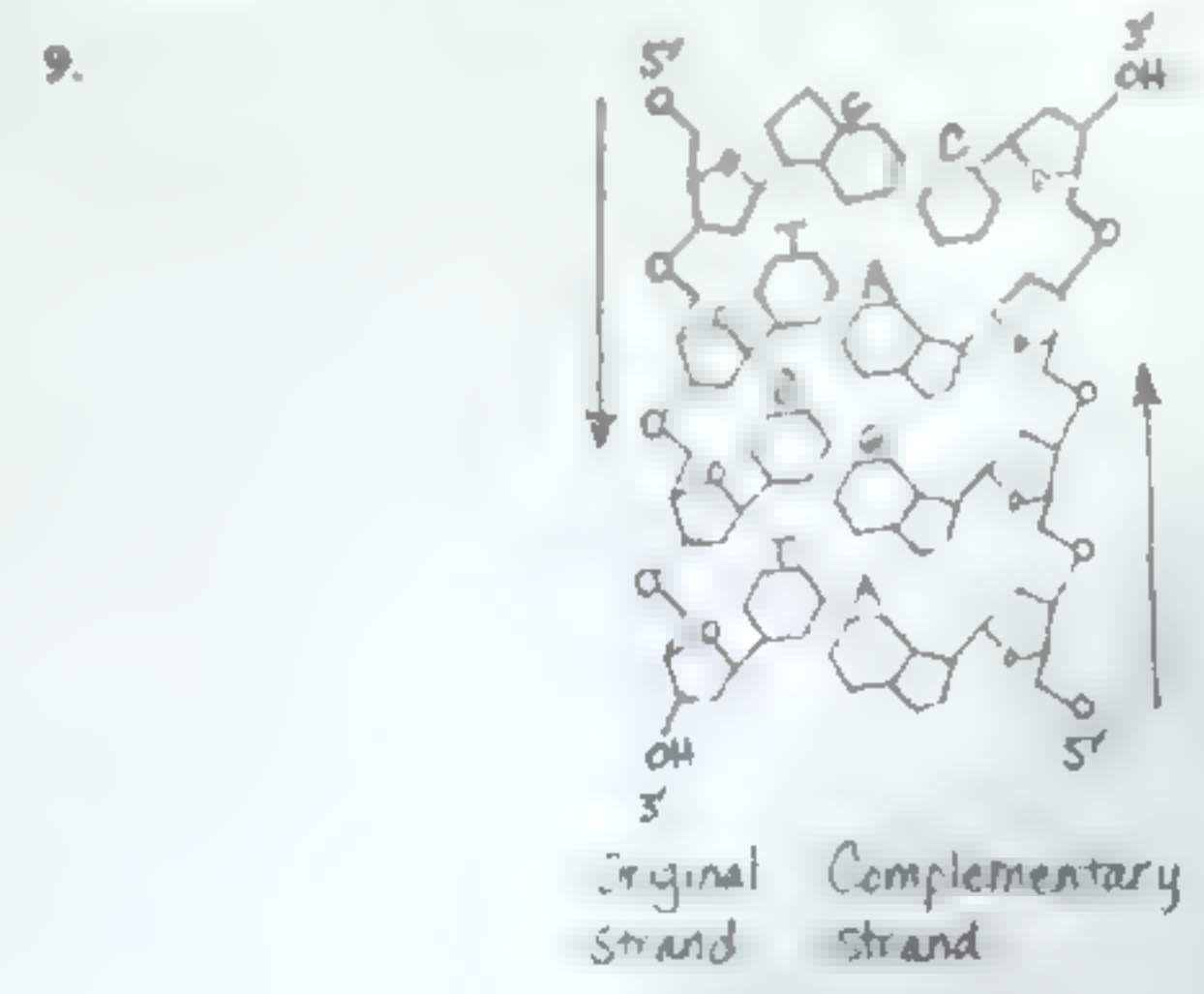


Summary of Key Concepts Questions

Concept 5.1 The polymers of carbohydrates, proteins, and nucleic acids are built from three different types of monomers: monosaccharides, amino acids, and nucleotides, respectively. Concept 5.2 Both starch and cellulose are polymers of glucose, but the glucose monomers are in the  $\alpha$  configuration in starch and the  $\beta$  configuration in cellulose. The glycosidic linkages thus have different geometries, giving the polymers different shapes and thus different properties. Starch is an energy storage compound in plants; cellulose is a structural component of plant cell walls. Humans can hydrolyze starch to provide energy but cannot hydrolyze cellulose. Cellulose acts in the passage of food through the digestive tract. Concept 5.3 Lipids are not polymers because they do not exist as a chain of linked monomers. They are not considered macromolecules because they do not reach the size of many polysaccharides, proteins, and nucleic acids. Concept 5.4 A polypeptide which may consist of hundreds of amino acids in a specific sequence (primary structure) has regions of coils and pleats (secondary structure), which are then folded into irregular contortions (tertiary structure) and may be noncovalently associated with other polypeptides (quaternary structure). The linear order of amino acids, with the varying properties of their side chains (R groups), determines what secondary and tertiary structures will form to produce a protein. The resulting unique three-dimensional shapes of proteins are key to their specific and diverse functions. Concept 5.5 The complementary base pairing of the two strands of DNA makes possible the precise replication of DNA every time a cell divides, ensuring that genetic information is faithfully transmitted. In some types of RNA, complementary base pairing enables RNA molecules to assume specific three-dimensional shapes that facilitate diverse functions.

Test Your Understanding

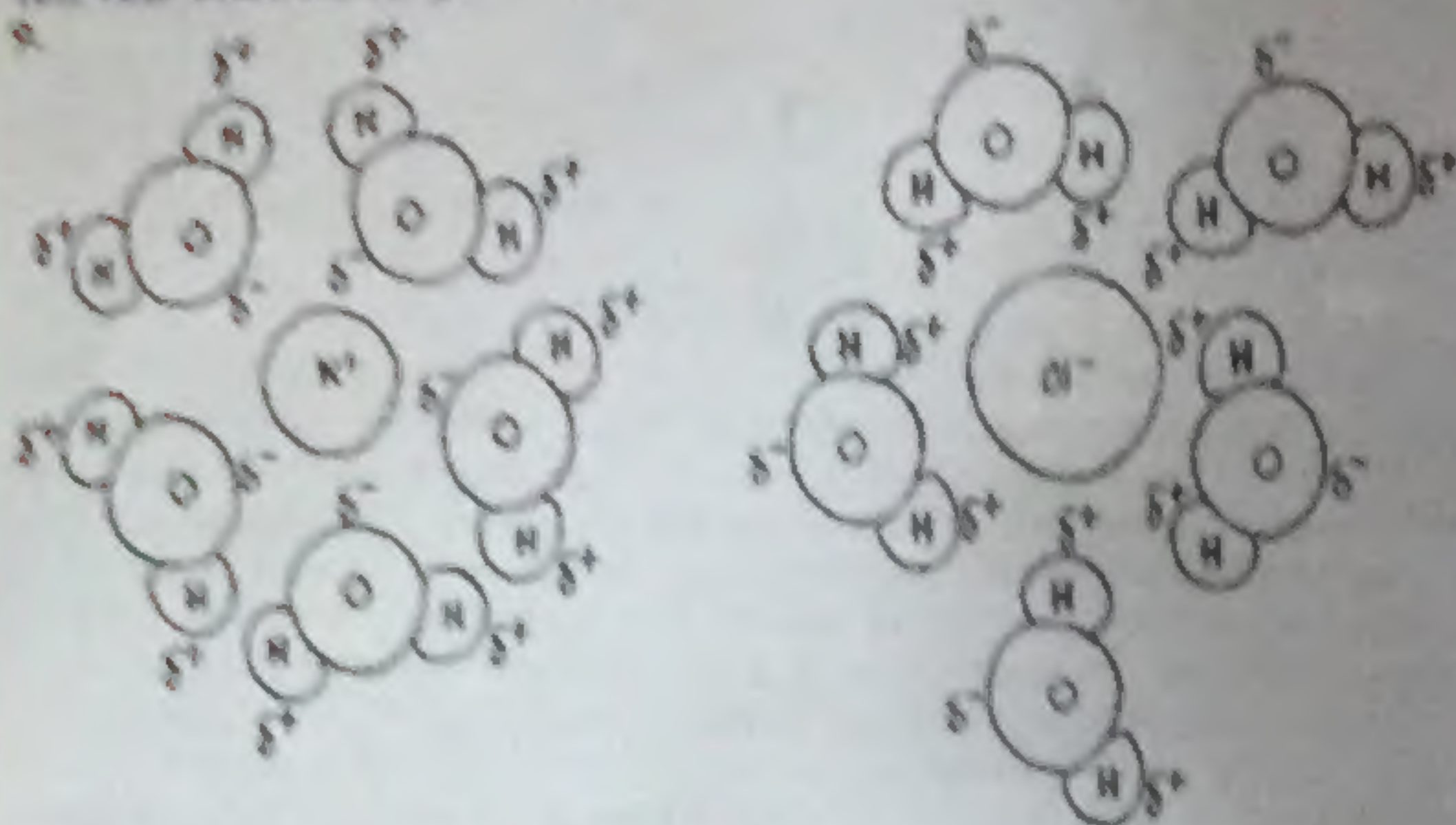
	Monomers or Components	Polymer or Larger molecule	Type of linkage
Carbohydrates	Monosaccharides	Polysaccharides	Glycosidic linkages
Lipids	Fatty acids	Triacylglycerols	Ester linkages
Proteins	Amino acids	Polypeptides	Peptide bonds
Nucleic acids	Nucleotides	Polynucleotides	Phosphodiester linkages





with them and surround them. Solutions are homogeneous mixtures of solute and solvent. Colloids form when particles that are too large to dissolve remain suspended in a liquid. 4.3  $\text{CO}_2$  reacts with  $\text{H}_2\text{O}$  to form carbonic acid ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), which dissociates into  $\text{H}^+$  and bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ). Although the carbonic acid-bicarbonate reaction is a buffering system, adding  $\text{CO}_2$  drives the reaction to the right, releasing more  $\text{H}^+$  and lowering pH. The excess protons combine with  $\text{CO}_3^{2-}$  to form bicarbonate, lowering the concentration of carbonate available for the formation of calcium carbonate (calcification) by corals.

#### Test Your Understanding



10. Both global warming and ocean acidification are caused by increasing levels of carbon dioxide in the atmosphere, the result of burning fossil fuels. 11. Due to intermolecular hydrogen bonds, water has a high specific heat (the amount of heat required to increase the temperature of water by  $1^\circ\text{C}$ ). When water is heated, much of the heat is absorbed in breaking hydrogen bonds before the water molecules increase their motion and the temperature increases. Conversely, when water is cooled, many H bonds are formed, which releases a significant amount of heat. This release of heat can provide some protection against freezing of the plants' leaves, thus protecting the cells from damage.

## Chapter 4

### Figure Questions

Figure 4.2 Because the concentration of the reactants influences the equilibrium (as discussed in Chapter 2), there might have been more HCN relative to  $\text{CH}_2\text{O}$ , since there would have been a higher concentration of the reactant gas containing nitrogen.

Figure 4.4



Figure 4.6 The tails of fats contain only carbon-hydrogen bonds, which are relatively nonpolar. Because the tails occupy the bulk of a fat molecule, they make the molecule as a whole nonpolar and therefore incapable of forming hydrogen bonds with water.

Figure 4.7

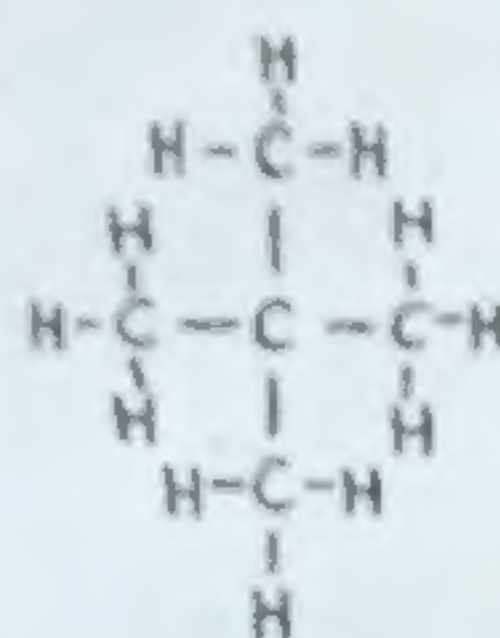


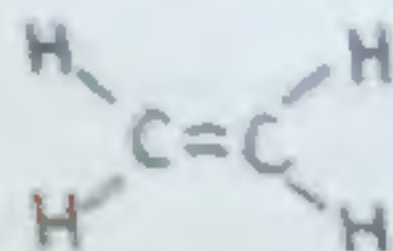
Figure 4.9 Molecule b, because there are not only the two electronegative oxygens of the carboxyl group, but also an oxygen on the next (carbonyl) carbon. All of these oxygens help make the bond between the O and H of the  $-\text{OH}$  group more polar, thus making the dissociation of  $\text{H}^+$  more likely.

### Concept Check 4.1

1. Prior to Wöhler's experiment, the prevailing view was that only living organisms could synthesize "organic" compounds. Wöhler made urea, an organic compound, without the involvement of living organisms. 2. The spark provided energy needed for the inorganic molecules in the atmosphere to react with each other. (You'll learn more about energy and chemical reactions in Chapter 8.)

### Concept Check 4.2

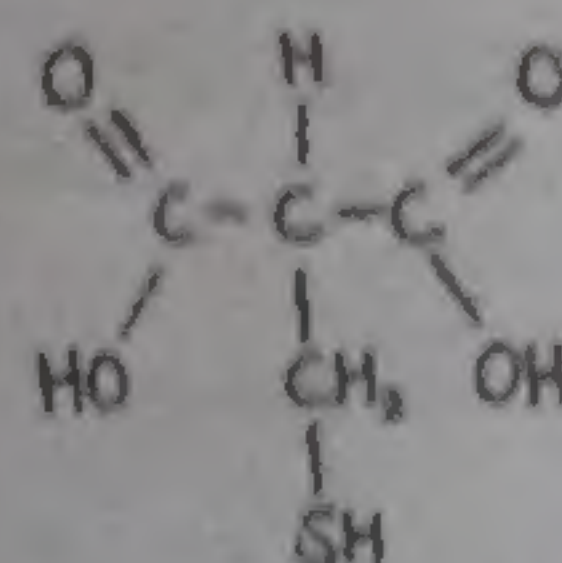
1.



2. The forms of  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  in (b) are structural isomers, as are the butenes in (c). 3. Both consist largely of hydrocarbon chains. 4. No. There is not enough diversity in the atoms. It can't form structural isomers because there is only one way for three carbons to attach to each other (in a line). There are no double bonds, so *cis-trans* isomers are not possible. Each carbon has at least two hydrogens attached to it, so the molecule is symmetrical and cannot have enantiomers.

### Concept Check 4.3

1. It has both an amino group ( $-\text{NH}_2$ ), which makes it an amine, and a carboxyl group ( $-\text{COOH}$ ), which makes it a carboxylic acid. 2. The ATP molecule loses a phosphate, becoming ADP. 3. A chemical group that can act as a base has been placed with a group that can act as an acid, increasing the acidic properties of the molecule. The shape of the molecule would also change, likely changing the molecules with which it can interact. The original cysteine molecule has an asymmetric carbon in the center. After replacement of the amino group with a carboxyl group, this carbon is no longer asymmetric.



### Summary of Key Concepts Questions

4.1 Miller showed that organic molecules could form under the physical and chemical conditions believed to have been present on early Earth. This abiotic synthesis of organic molecules would have been a first step in the origin of life. 4.2 Acetone and propanal are structural isomers. Acetic acid and glycine have no asymmetric carbons, whereas glycerol phosphate has one. Therefore, glycerol phosphate can exist as forms that are enantiomers, but acetic acid and glycine cannot. 4.3 The methyl group is nonpolar and not reactive. The other six groups are called functional groups. They are each hydrophilic, increasing the solubility of organic compounds in water, and can participate in chemical reactions.

### Test Your Understanding

8. The molecule on the right; the middle carbon is asymmetric.

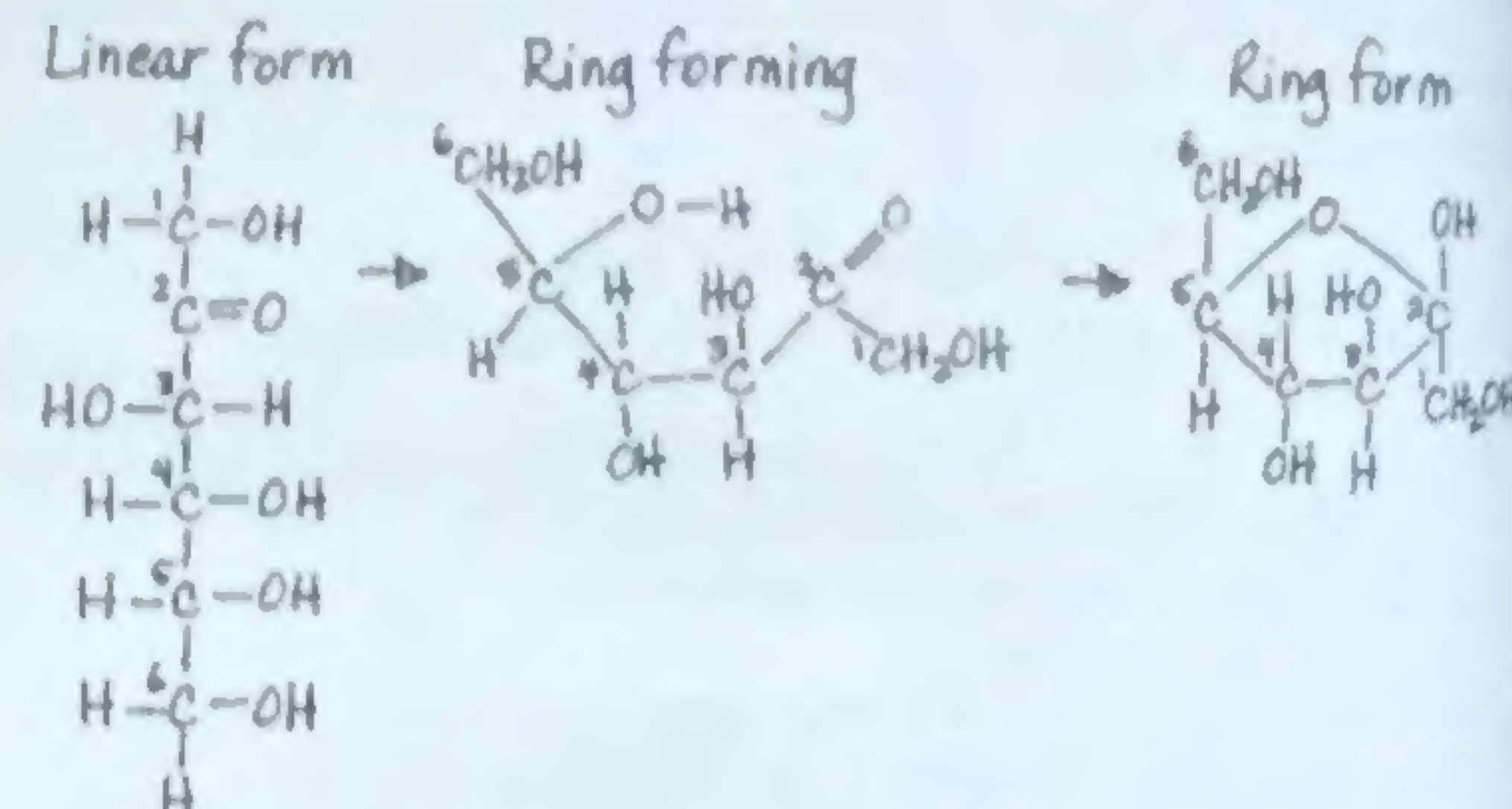
9.  $\cdot\ddot{\text{Si}}\cdot$  Si has 4 valence electrons, the same number as carbon. Therefore, silicon would be able to form long chains, including branches, that could act as skeletons for large molecules. It would clearly do this much better than neon (with no valence electrons) or aluminum (with 3 valence electrons).

## Chapter 5

### Figure Questions

Figure 5.3 Glucose and fructose are structural isomers.

Figure 5.4



Note that the oxygen on carbon 5 lost its proton and that the oxygen on carbon 2, which used to be the carbonyl oxygen, gained a proton. Four carbons are in the fructose ring, and two are not. (The latter two carbons are attached to carbons 2 and 5, which are in the ring.) The fructose ring differs from the glucose ring, which has five carbons in the ring and one that is not. (Note that the orientation of this fructose molecule is flipped relative to that of the one in Figure 5.5b.)

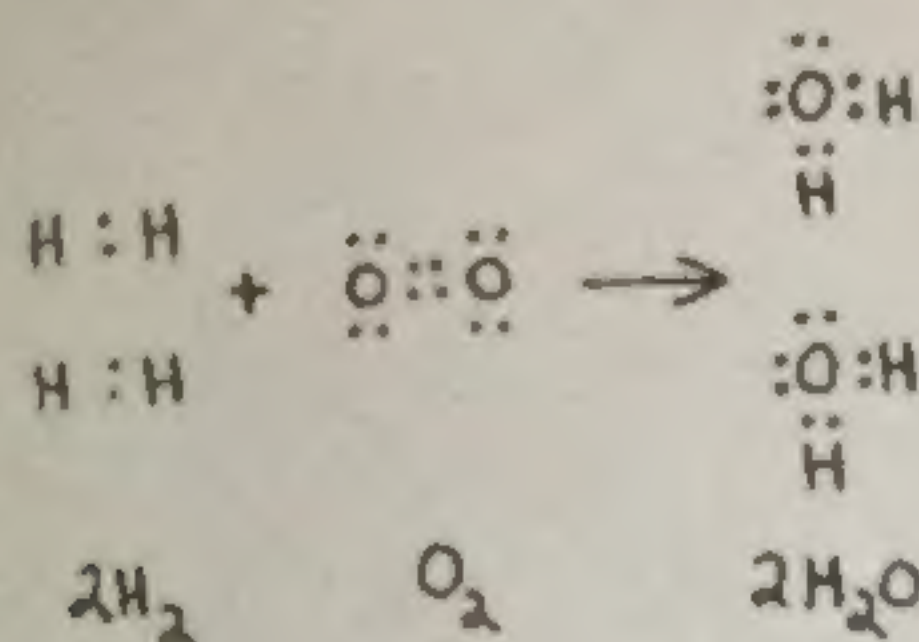


producing most. Over many generations, this probably led to the serpentine-adapted species we see today.

**Concept Check 2.2**  
7. 2.  $1s^2 2s^2 2p^6$  3. 9 electrons; two electron shells;  $1s$ ,  $2s$ ,  $2p$  (three orbitals); 1 electron needed to fill the valence shell. 4. The elements in a row all have the same number of electron shells. In a column, all the elements have the same number of electrons in their valence shells.

**Concept Check 2.3**  
1. Each carbon atom has only three covalent bonds instead of the required four.  
2. The attraction between oppositely charged ions, forming ionic bonds 3. If you could synthesize molecules that mimic these shapes, you might be able to treat diseases or conditions caused by the inability of affected individuals to synthesize such molecules.

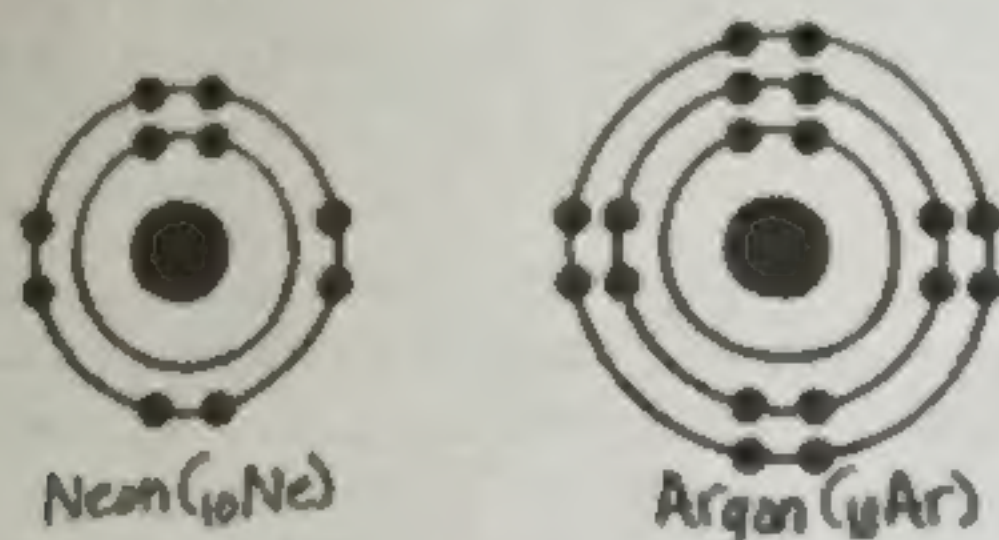
**Concept Check 2.4**  
1.



2. At equilibrium, the forward and reverse reactions occur at the same rate.  
3.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{Energy}$ . Glucose and oxygen react to form carbon dioxide and water, releasing energy. We breathe in oxygen because we need it for this reaction to occur, and we breathe out carbon dioxide because it is a by-product of this reaction. (This reaction is called cellular respiration, and you will learn more about it in Chapter 9.)

**Summary of Key Concepts Questions**

2.1 Iodine (part of a thyroid hormone) and iron (part of hemoglobin in blood) are both trace elements, required in minute quantities. Calcium and phosphorus (components of bones and teeth) are needed by the body in much greater quantities.



Both neon and argon have completed valence shells, containing 8 electrons. They do not have unpaired electrons that could participate in chemical bonds. 2.3 Electrons are shared equally between the two atoms in a nonpolar covalent bond. In a polar covalent bond, the electrons are drawn closer to the more electronegative atom. In the formation of ions, an electron is completely transferred from one atom to a much more electronegative atom. 2.4 The concentration of products would increase as the added reactants were converted to products. Eventually, an equilibrium would again be reached in which the forward and reverse reactions were proceeding at the same rate and the relative concentrations of reactants and products returned to where they were before the addition of more reactants.

**Test Your Understanding**

9.

a.  $\ddot{\text{O}} :: \text{C} : \text{H}$  This structure doesn't make sense because the valence shell of carbon is incomplete; carbon can form 4 bonds.

b.  $\text{H} : \ddot{\text{O}} :: \text{C} :: \text{O} :: \text{H}$  This structure makes sense because all valence shells are complete, and all bonds have the correct number of electrons.

c.  $\text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{H} : \text{C} :: \ddot{\text{O}} :: \text{H}$  This structure doesn't make sense because H has only 1 electron to share, so it cannot form bonds with 2 atoms.

d. This structure doesn't make sense for several reasons:

• The valence shell of oxygen is incomplete;  
•  $\ddot{\text{O}} ::$  oxygen can form 2 bonds.

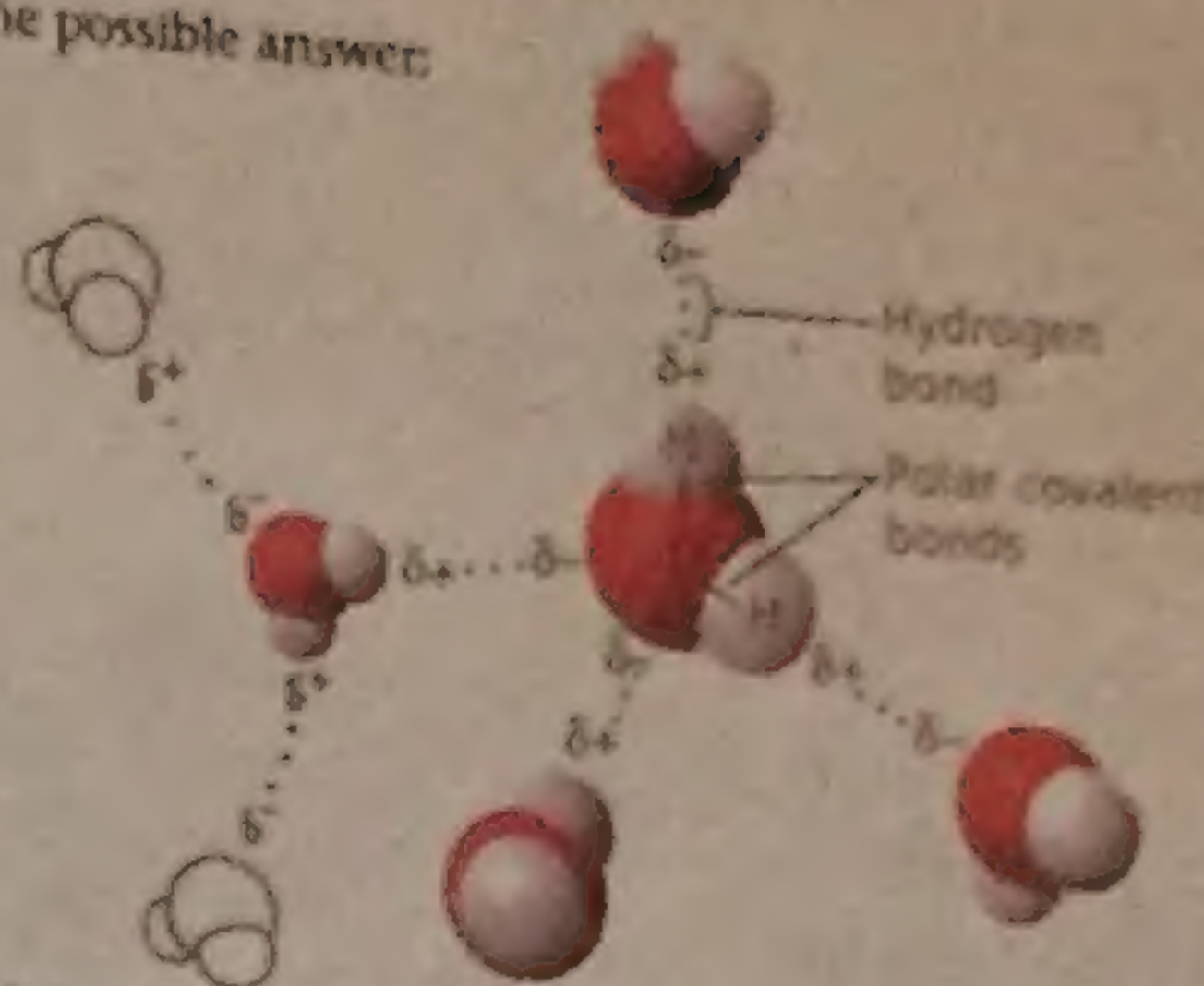
•  $\text{H} : \text{N} :: \text{H}$  H has only 1 electron to share, so it cannot form a double bond.

Nitrogen usually makes only 3 bonds. It does not have enough electrons to make 2 single bonds, make a double bond, and complete its valence shell.

## Chapter 3

**Figure Questions**

**Figure 3.2** One possible answer:



**Figure 3.6** Without hydrogen bonds, water would behave like other small molecules, and the solid phase (ice) would be denser than liquid water. The ice would sink to the bottom and would no longer insulate the whole body of water, which would eventually freeze because the average annual temperature at the South Pole is  $-50^\circ\text{C}$ . The krill could not survive. **Figure 3.7** Heating the solution would cause the water to evaporate faster than it is evaporating at room temperature. At a certain point, there wouldn't be enough water molecules to dissolve the salt ions. The salt would start coming out of solution and re-forming crystals. Eventually, all the water would evaporate, leaving behind a pile of salt like the original pile. **Figure 3.12** By causing the loss of coral reefs, a decrease in the ocean's carbonate concentration would have a ripple effect on noncalcifying organisms. Some of these organisms depend on the reef structure for protection, while others feed on species associated with reefs.

**Concept Check 3.1**

1. Electronegativity is the attraction of an atom for the electrons of a covalent bond. Because oxygen is more electronegative than hydrogen, the oxygen atom in  $\text{H}_2\text{O}$  pulls electrons toward itself, resulting in a partial negative charge on the oxygen atom and partial positive charges on the hydrogen atoms. Atoms in neighboring water molecules with opposite partial charges are attracted to each other, forming a hydrogen bond. 2. The hydrogen atoms of one molecule, with their partial positive charges, would repel the hydrogen atoms of the adjacent molecule. 3. The covalent bonds of water molecules would not be polar, and water molecules would not form hydrogen bonds with each other.

**Concept Check 3.2**

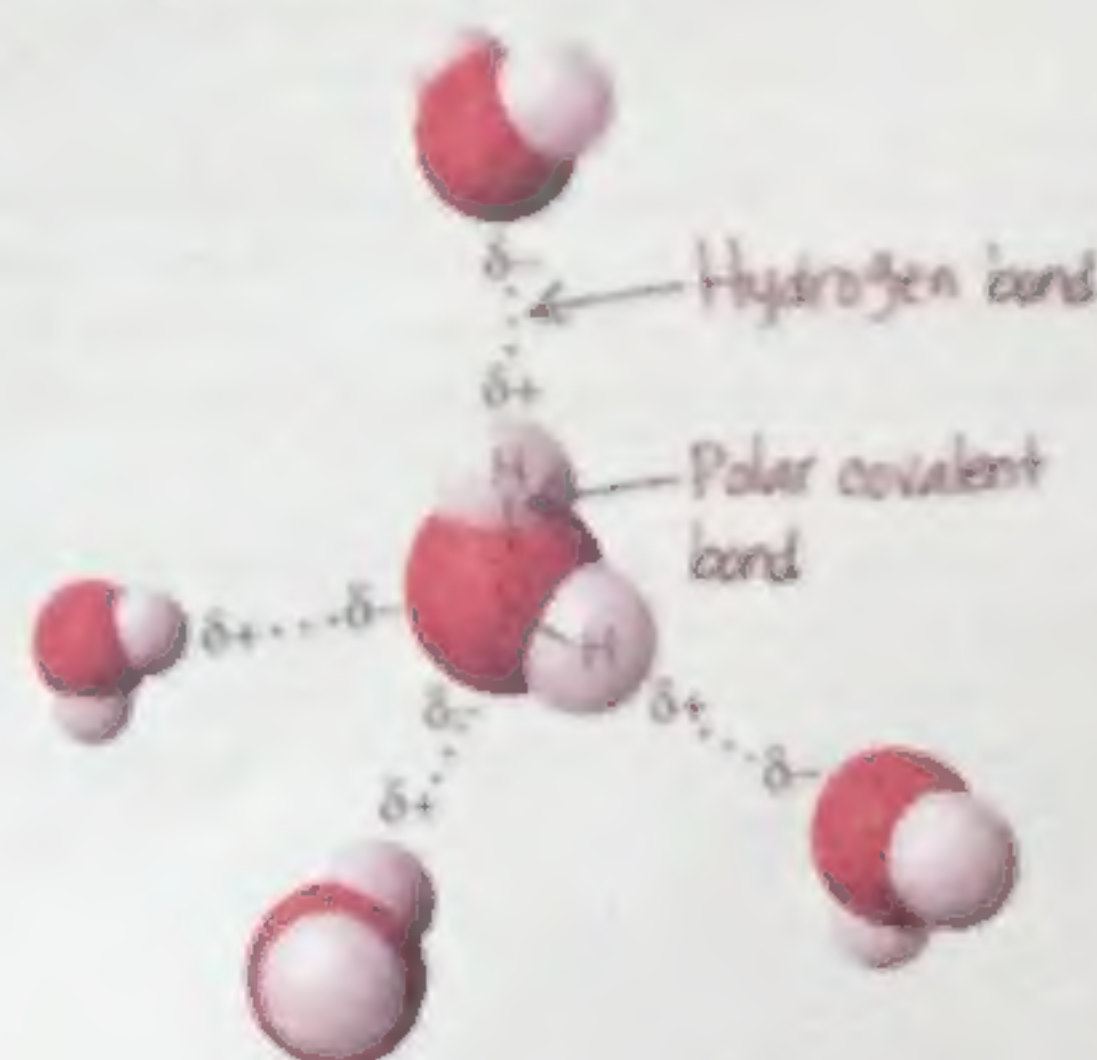
1. Hydrogen bonds hold neighboring water molecules together. This cohesion helps the chain of water molecules move upward against gravity in water-conducting cells as water evaporates from the leaves. Adhesion between water molecules and the walls of the water-conducting cells also helps counter gravity. 2. High humidity hampers cooling by suppressing the evaporation of sweat. 3. As water freezes, it expands because water molecules move farther apart in forming ice crystals. When there is water in a crevice of a boulder, expansion due to freezing may crack the boulder. 4. A liter of blood would contain  $7.8 \times 10^6$  molecules of ghrelin ( $1.3 \times 10^{-10}$  moles per liter  $\times 6.02 \times 10^{23}$  molecules per mole). 5. The hydrophobic substance repels water, perhaps helping to keep the ends of the legs from becoming coated with water and breaking through the surface. If the legs were coated with a hydrophilic substance, water would be drawn up them, possibly making it more difficult for the water strider to walk on water.

**Concept Check 3.3**

1.  $10^5$ , or 100,000 2.  $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M} = 10^{-2} \text{ M}$ , so  $\text{pH} = 2$ . 3.  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ .  $\text{CH}_3\text{COOH}$  is the acid (the  $\text{H}^+$  donor), and  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  is the base (the  $\text{H}^+$  acceptor). 4. The pH of the water should decrease from 7 to about 2; the pH of the acetic acid solution will decrease only a small amount, because the reaction shown for question 3 will shift to the left, with  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  accepting the influx of  $\text{H}^+$  and becoming  $\text{CH}_3\text{COOH}$  molecules.

**Summary of Key Concepts Questions**

3.1



Each water molecule can make four hydrogen bonds with neighboring molecules. 3.2 Ions dissolve in water when polar water molecules form a hydration shell around them. Polar molecules dissolve as water molecules form hydrogen bonds



توجہ! ہر ای این کہ دستری شما عزیزان به پاسخ سوالات صحت تر شود و با اصطلاحات زبان انگلیسی آشنا تر شوید تصمیم گرفتیم پاسخ ها را ترجمه نکنیم!

با آرزوی موفقیت شما

## Chapter 1

### Figure Questions

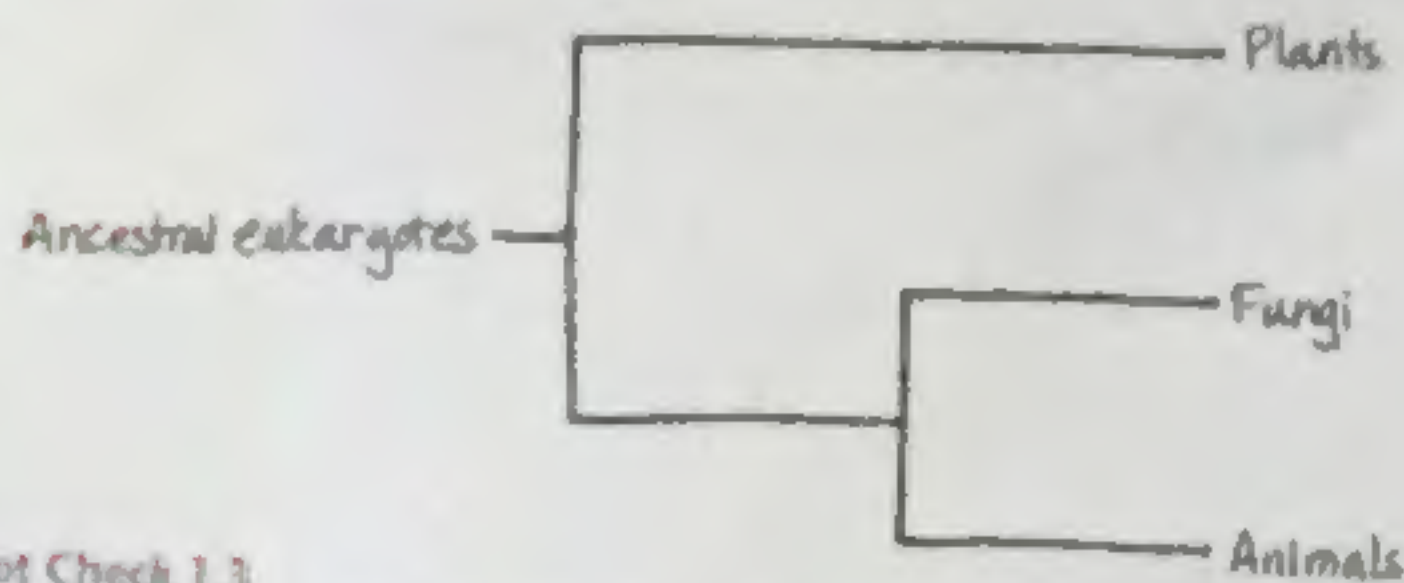
**Figure 1.7** The arrangement of fingers and opposable thumb in the human hand, combined with fingernails and a complex system of nerves and muscles, allows the hand to grasp and manipulate objects with great dexterity. **Figure 1.18** Substance B would be made continuously and would accumulate in large amounts. Neither C nor D would be made, so D would not be able to inhibit Enzyme 1 and regulate the pathway. **Figure 1.27** The percentage of brown artificial snakes attacked would probably be higher than the percentage of artificial kingsnakes attacked in all areas (whether or not inhabited by coral snakes).

### Concept Check 1.1

1. Examples: A molecule consists of atoms bonded together. Each organelle has an orderly arrangement of molecules. Photosynthetic plant cells contain organelles called chloroplasts. A tissue consists of a group of similar cells. Organs such as the heart are constructed from several tissues. A complex multicellular organism, such as a plant, has several types of organs, such as leaves and roots. A population is a set of organisms of the same species. A community consists of populations of the various species inhabiting a specific area. An ecosystem consists of a biological community along with the nonliving factors important to life, such as air, soil, and water. The biosphere is made up of all of Earth's ecosystems. 2. (a) Structure and function are correlated. (b) Cells are an organism's basic units, and the continuity of life is based on heritable information in the form of DNA. (c) Organisms interact with other organisms and with the physical environment, and life requires energy transfer and transformation. 3. Some possible answers: *Emergent properties:* The ability of a human heart to pump blood requires an intact heart; it is not a capability of any of the heart's tissues or cells working alone. *Environmental interactions:* A mouse eats food, such as nuts or grasses, and deposits some of the food material as feces and urine. Construction of a nest rearranges the physical environment and may hasten degradation of some of its components. The mouse may also act as food for a predator. *Energy transfer:* A plant, such as a grass, absorbs energy from the sun and transforms it into molecules that act as stored fuel. Animals can eat parts of the plant and use the food for energy to carry out their activities. *Structure and function:* The strong, sharp teeth of a wolf are well suited to grasping and dismembering its prey. *The cellular basis of life:* The digestion of food is made possible by chemicals (chiefly enzymes) made by cells of the digestive tract. *The genetic basis of life:* Human eye color is determined by the combination of genes inherited from the two parents. *Feedback regulation:* When your stomach is full, it signals your brain to decrease your appetite. *Evolution:* All plants have chloroplasts, indicating their descent from a common ancestor.

### Concept Check 1.2

1. An address pinpoints a location by tracking from broader to narrower categories—a state, city, zip, street, and building number. This is analogous to the groups-subordinate-to-groups structure of biological taxonomy. 2. The naturally occurring heritable variation in a population is "edited" by natural selection because individuals with heritable traits better suited to the environment survive and reproduce more successfully than others. Over time, better-suited individuals persist and their percentage in the population increases, while less suited individuals become less prevalent—a type of population editing.



### Concept Check 1.3

1. Inductive reasoning derives generalizations from specific cases; deductive reasoning predicts specific outcomes from general premises. 2. The coloration pattern on the snakes. 3. Compared to a hypothesis, a scientific theory is usually more general and substantiated by a much greater amount of evidence. Natural selection is an explanatory idea that applies to all kinds of organisms and is supported by vast amounts of evidence of various kinds. 4. Based on the results shown in Figure 1.27, you might predict that the colorful artificial snakes would be attacked more often than the brown ones, simply because they are easier to see. This prediction assumes that the area in Virginia where you are working has predators that attack snakes but no poisonous snakes that resemble the colorful artificial snakes.

### Concept Check 1.4

1. Science aims to understand natural phenomena and how they work, while technology involves application of scientific discoveries for a particular purpose or to solve a specific problem. 2. Natural selection could be operating. Malaria is present in sub-Saharan Africa, so there might be an advantage to people with the sickle-cell disease form of the gene that makes them more able to survive and

pass on their genes to offspring. Among those of African descent living in the United States, where malaria is absent, there would be no advantage; the sickle-cell disease form of the gene would be selected against more strongly, resulting in fewer individuals with the gene.

### Summary of Key Concepts Questions

**1.1 Evolution** explains the most fundamental aspects of all life on earth. It accounts for the common features shared by all forms of life due to descent from a common ancestor, while also providing an explanation for how the great diversity of living organisms on the planet has arisen. **1.2** Ancestors of the plants that could conserve water may have survived better and been able to produce more offspring. Over time, a higher and higher proportion of individuals in the population would have had the adaptation of thick, water-conserving leaves. **1.3** Inductive reasoning is used in forming hypotheses, while deductive reasoning leads to predictions that are used to test hypotheses. **1.4** Different approaches taken by scientists studying natural phenomena at different levels complement each other, so more is learned about each problem being studied. A diversity of backgrounds among scientists may lead to fruitful ideas in the same way that important innovations have often arisen where a mix of cultures creates.

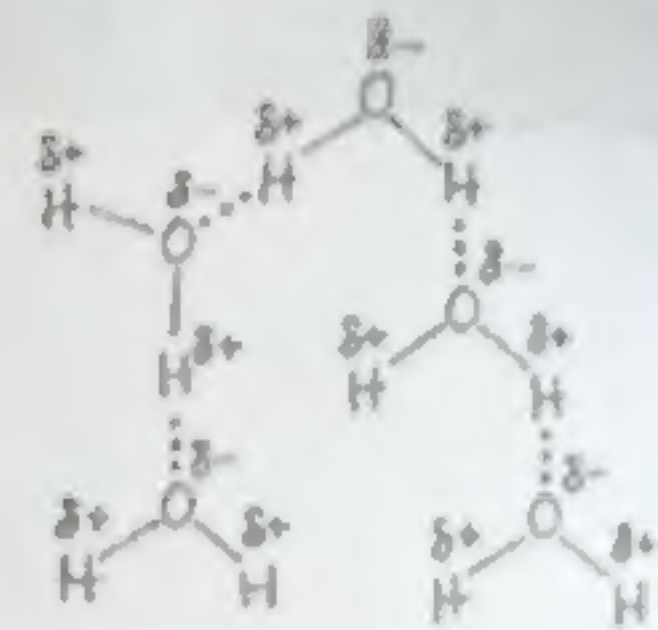
### Test Your Understanding

11. Your figure should show: (1) For the biosphere, the Earth with an arrow pointing out of a tropical ocean; (2) for the ecosystem, a distant view of a coral reef; (3) for the community, a collection of reef animals and algae, with corals, fishes, seaweeds, and any other organisms you can think of; (4) for the population, a group of fish of the same species; (5) for the organism, one fish from your population; (6) for the organ, the fish's stomach, and for the organ system, the whole digestive tract (see Chapter 41 for help); (7) for a tissue, a group of similar cells from the stomach; (8) for a cell, one cell from the tissue, showing its nucleus and a few other organelles; (9) for an organelle, the nucleus, where most of the cell's DNA is located; and (10) for a molecule, a DNA double helix. Your sketches can be very rough.

## Chapter 2

### Figure Questions

**Figure 2.2** The most significant difference in the results would be that the *Cedrela* saplings inside each garden would show similar amounts of dying tissue because a poisonous chemical released from the *Duroia* trees would promote the death of *Cedrela* saplings. The chemical would be released from the *Duroia* trees and reach the saplings via the air or soil and would not be blocked by the iron fence. The *Cedrela* saplings planted outside the gardens would not show damage from the *Duroia* trees were nearby. Also, any ants present on the unprotected *Cedrela* saplings inside the gardens would probably not be observed making injections into the leaves. However, formic acid would likely still be found in the ants' glands. **Figure 2.9** Atomic number = 12; 12 protons, 12 neutrons; 3 electron shells; 2 valence electrons **Figure 2.16** One possible answer:



**Figure 2.19** The plant is submerged in water ( $H_2O$ ), in which the  $CO_2$  is dissolved. The sun's energy is used to make sugar, which is found in the plant and can act as food for the plant itself, as well as for animals that eat the plant. The oxygen ( $O_2$ ) is present in the bubbles.

### Concept Check 2.1

1. Table salt (sodium chloride) is made up of sodium and chlorine. We are able to eat the compound, showing that it has different properties from those of a metal (sodium) and a poisonous gas (chlorine). 2. Yes, because an organism requires trace elements, even though only in small amounts. 3. A person with an iron deficiency will probably show fatigue and other effects of a low oxygen level in the blood. (The condition is called anemia and can also result from too few red blood cells or abnormal hemoglobin.) 4. Variant ancestral plants that could tolerate the toxic elements could grow and reproduce in serpentine soils. (Plants that were well adapted to nonserpentine soils would not be expected to survive in serpentine areas.) The offspring of the variants would also vary, with those most capable of thriving under serpentine conditions growing best and



# CAMPBELL BIOLOGY

NINTH EDITION

REECE • URRY • CAIN  
WASSERMAN • MINORSKY • JACKSON

